

Etude bibliographique des substances dangereuses de l'action nationale RSDE associées à l'activité « traitement et stockage des déchets »

Origine et réduction des émissions



C4H5O2_5 2/ 9/99 THERMC 4H 50 2 0G 300.000 5000.000/1392.000 1
1.64121890E+01 1.20184883E-02-4.40468566E-06 7.30124728E-10-4.42784365E-14 2



LES 
**AGENCES
DE L'EAU**

ÉTABLISSEMENTS PUBLICS DU MINISTÈRE
EN CHARGE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

ETUDE N° 10-0140/1A

**ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES SUBSTANCES DANGEREUSES
DE L'ACTION NATIONALE RSDE ASSOCIÉES A L'ACTIVITÉ
"TRAITEMENT ET STOCKAGE DES DÉCHETS"

ORIGINE ET RÉDUCTION DES ÉMISSIONS**

RAPPORT FINAL

janvier 2013

**Ch. BAZIN, E. VERNUS - INSAVALOR-POLDEN
B. CHEVROL, S. PONCET - ARCADIS**



RECORD

Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Agences de l'eau

Etablissements publics du ministère chargé du développement durable, les six agences de l'eau regroupent 1800 collaborateurs et ont pour missions de contribuer à réduire les pollutions de toutes origines et à protéger les ressources en eau et les milieux aquatiques.

Acteurs essentiels de la mise en œuvre de la politique publique de l'eau, organisée en France autour du principe de la gestion concertée par bassin versant, les agences de l'eau exercent leurs missions dans le cadre de programmes d'actions pluriannuels avec pour objectif final l'atteinte du bon état des eaux (directive cadre sur l'eau d'octobre 2000). La loi Grenelle 1 a fixé comme objectif d'avoir deux tiers des masses d'eau en bon état dès 2015.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :

RECORD, Etude bibliographique des substances dangereuses de l'action nationale RSDE associées à l'activité "traitement et stockage des déchets" - Origine et réduction des émissions, 2013, 1 471 p, n°10-0140/1A

- ✓ Ces travaux ont été cofinancés par RECORD, l'Agence de l'Eau RMC et l'Ademe

RESUME

La directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000, dite Directive Cadre Eau (DCE) fixe des objectifs pour améliorer la qualité des eaux (atteinte du bon état des eaux en 2015 et suppression des rejets de substances dangereuses prioritaires en 2021).

En France, une action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour les milieux aquatiques présentes dans les rejets des ICPE (action RSDE) a été initiée dans le prolongement de la directive cadre par la circulaire du 4 février 2002, puis par la circulaire du 5 janvier 2009.

L'association RECORD en partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, a voulu, à travers cette étude, dresser un état des connaissances sur les substances dangereuses rejetées dans les eaux par les activités du traitement et du stockage des déchets et en particulier leur origine, leur mode de prélèvement, d'analyse et les technologies disponibles pour la réduction de ces rejets.

Ces connaissances issues d'une synthèse bibliographique et d'avis d'experts sur chacune des 35 substances organiques, des 12 familles de substances minérales et 17 nouvelles substances complémentaires sont présentées sous un format de fiches spécifiques directement utilisables par les industries du secteur des déchets, abordables pour différents publics (industriels, administration...) et complétées par des éléments de contexte et des commentaires permettant d'en faciliter la lecture.

MOTS CLES

Déchets, Substances dangereuses, Substances prioritaires, RSDE, Réduction des émissions, Meilleures Techniques Disponibles, MTD

SUMMARY

The Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23, 2000, known as EU Water Framework Directive (WFD) sets objectives to improve the water quality (achievement of the good status of water by 2015 and prohibition of priority hazardous substances discharge by 2021).

In France, a national action of research and reduction of hazardous substances in aquatic environment used in ICPE (classified facilities for the protection of the environment) discharge (RSDE action) has been initiated in the extension of the framework directive by the circular of February 4, 2002 followed by the circular of January 5, 2009.

Association RE.CO.R.D. in partnership with the Rhone Mediterranean Corsica Water Agency, wanted, through this study, to compile the current state of knowledge about the hazardous substances released into the water by the activities of processing and storage of waste. The interest is focused in particular on their origin, method of sampling, analysis and available technologies to reduce these emissions.

Knowledge derived from a literature review and expert opinion on each of the 35 organic substances, mineral substances 12 families of inorganic substances and 17 new additional substances is presented as specific sheets directly usable by the waste industries, affordable for different audiences (industry, government ...), supplemented by elements of context and commentary to facilitate reading.

KEY WORDS

Waste, Hazardous substances, Priority substances, RSDE, Emission reduction, Best Available Technology, BAT

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES SUBSTANCES DANGEREUSES DE L'ACTION

NATIONALE RSDE ASSOCIEES A L'ACTIVITE

"TRAITEMENT ET STOCKAGE DES DECHETS"

SOMMAIRE

Tome 1

1. Contexte de l'étude	9
1.1 Sous-secteurs industriels concernés	10
1.2. Substances concernées	10
2. Méthode de travail retenue	11
2.1. Recherches bibliographiques	11
2.2. Connaissances sur la composition des déchets	11
2.3. Fonctionnement des sites industriels du secteur des déchets	11
2.4. Enquêtes auprès des laboratoires d'analyses	11
3. Résultats pratiques de l'étude	13
4. Volet 1 : Emission de substances	14
4.1. Démarche bibliographique	14
4.2. Point sur les fiches de la liste complémentaire	15
4.2.1. Les substances pharmaceutiques	15
4.2.2. Les substances phytosanitaires	16
4.2.3. Les autres substances et familles de substances	16
4.3. Commentaires sur les points abordés dans les fiches	18
4.3.1. Propriétés physico-chimiques	18
4.3.2. Réaction avec d'autres molécules ou conditions	18
4.3.3. Métabolites connus dans les stations d'épuration	18
4.3.4. Toxicité - Ecotoxicité	18
4.3.5. Traitabilité de la substance dans les rejets industriels	21
4.3.6. Réglementation	21
4.3.7. Néof ormation ou émissions involontaires	21

4.3.8. Production / Utilisations	21
4.3.9. Utilisation dans les procédés industriels	21
4.3.10. Présence dans les rejets et dans l'environnement	22
• occurrence dans les déchets industriels	22
• note sur la qualité des données RSDE	23
• présentation des données du RSDE 2	27
• hiérarchisation des substances d'intérêt pour chaque sous-secteur	27
4.3.11. Prélèvement, conservation et analyse	28
• informations contenues dans la fiche substance	28
• notes sur la spéciation des métaux	28
• notes sur les nouvelles techniques d'analyses	32
4.4. Evaluation des sources d'émissions des substances	35
4.4.1. Contribution des sous-secteurs aux émissions de substances	35
• données sur les métaux	36
• données sur les solvants	40
• Données sur les BTEX	43
• données sur les pesticides	46
• données sur les chlorobenzènes	49
• données sur les HAP	50
• données sur les PCB	52
• données sur les chlorophénols	55
• données sur les octyl & nonylphénols	56
• données sur les biphényles	60
• données sur les butylétain cations et sur le tributylphosphate	61
• données sur les polybromodiphényléthers	63
4.4.2. Identification de substances d'intérêt pour chaque sous-secteur	65
• Sous-secteur 3.1 : regroupement, prétraitement et traitement des déchets dangereux	65
• Sous-secteur 3.2 : installations de stockage des déchets non dangereux ISDND	66
• Sous-secteur 3.3 : Usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM)	67
• Sous-secteur 3.4 : Lavage de citerne	68
• Sous-secteur 3.5 : Autres sites de traitement de déchets non dangereux	69
• Autres données sur les émissions de substances dans les rejets	70
4.5. Evaluation des sources d'émissions des substances	71
4.5.1. Etude du contenu des déchets en substances prioritaires	71
4.5.2. Potentialités d'émissions de substances dangereuses par sous-secteur	77
• Sous-secteur 3.1 : regroupement, prétraitement et traitement des déchets dangereux	77
• Sous-secteur 3.2 : installations de stockage des déchets non dangereux ISDND	81
• Sous-secteur 3.3 : Usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM)	82
• Sous-secteur 3.4 : Lavage de citerne	83
• Sous-secteur 3.5 : Autres sites de traitement de déchets non dangereux	83
• Les eaux de ruissellement	84

5. Volet 2 : Procédures de prélèvement et d'analyse des substances dans les effluents aqueux	85
5.1. Fiche prélèvements et analyses	85
5.2. Les prélèvements	86
5.2.1. Echantillonnage et sous-échantillonnage sur site	87
5.2.2. Retours d'expériences des organismes réalisant des prélèvements	87
5.3. L'analyse des substances	88
5.3.1. Recommandation générale pour une qualité optimale des résultats d'analyse	88
5.3.2. Retours d'expériences sur l'analyse des substances dangereuses dans les rejets	89
6. Volet 3 : Technologies disponibles pour la réduction des émissions	90
6.1. Fiches "réduction des émissions"	90
6.2. Documents de référence	91
6.2.1. AMPERES	91
6.2.2. EPA – Contaminants of Emerging Concern	93
6.2.3. Projet "Stratégie Micropoll"	93
6.2.4. Directive IPPC et documents de référence sur les MTD (BREF)	97
6.2.5. Autres sources consultées	97
6.3. Etat de l'art en Belgique : plateforme EMIS	98
6.3.1. Traitement des mâchefers	99
6.3.2. Compostage et fermentation	99
6.3.3. Nettoyage de réservoir et de citernes	100
6.3.4. Traitement des boues de dragage	103
6.3.5. Autres documents VITO	103
6.4. Réactifs	105
6.4.1 - Liste des réactifs entrant dans les procédés	105
6.4.2. Utilisation de réactifs dans le traitement des fumées de l'incinération spécialisée	106
6.5. Limite des fiches "réduction des émissions"	107
7 Conclusions et perspectives	111
8. Bibliographie	114
9. Annexes	122
Annexe 1 - Acronymes et abréviations techniques utilisées dans le rapport	123
Annexe 2 - Glossaire	124
Annexe 3 - Possibilité de présence des substances dangereuses dans les déchets	12

Tome 2

Partie 1 - Fiches substances

2,4,6 Trichlorophénol
Pentachlorophénol
Polychlorobiphényles
HAP – anthracène
HAP – fluoranthène
HAP - naphtalène
1,2 Dichloroéthane
Dichlorométhane
Chloroforme
Tétrachloroéthylène
Tétrachlorure de carbone
Trichloroéthylène
Biphényle
Tributylphosphate
Hexachlorocyclohexane (α - β - γ)
Atrazine
Diuron
Isoproturon
Simazine
Benzène
Toluène
Ethylbenzène
o-, m-, p- Xylènes
Cumène/isopropylbenzène
Chlorobenzène
Pentachlorobenzène
Hexachlorobenzène
Nonylphénols et nolyphénols éthoxylates
Octylphénols
Butylétains cations
Diphénylether polybromé (47, 99, 100, 153, 154, 183, 209)octylphénols

Liste de substances minérales :

Arsenic et ses composés
Cadmium et ses composés
Chrome et ses composés
Cuivre et ses composés
Mercure et ses composés
Nickel et ses composés
Plomb et ses composés
Zinc et ses composés

Liste complémentaire :

Cyanures
Dioxines
Perfluorooctane (PFOS) et ses sels
Hexabromocyclododécane

Aclonifen
Bifénox
Cyperméthrine
Dichlorvos
Dicofol
Heptachlore
Irgarol
Quinoxifène
Terbutryne
Diclofenac
Ibuprofène
17 α éthinylestradiol
17 β œstradiols

Partie 2 - Fiches "réduction des émissions"

Fiche de synthèse "traitabilité"

Absorption
Echangeurs d'ions
Electrodialyse
Evapoconcentration - évapocondensation
Filtre à sable continu
Lagunage
Oxydation par voie humide
Oxydation-réduction chimique
Oxydation thermique - incinération
Pervaporation
Phytoremédiation
Stripping
Techniques membranaires
Traitement à l'ozone
Traitement biologique
Traitements physico-chimiques - insolubilisation - précipitation

Partie 3 - Recommandations concernant les prélèvements

Modalités et bonnes pratiques de prélèvements

Tome 1

Rapport principal

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES SUBSTANCES DANGEREUSES DE L'ACTION NATIONALE RSDE ASSOCIEE A L'ACTIVITE "TRAITEMENT ET STOCKAGE DES DECHETS"

1. Contexte de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le cadre général de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans les eaux (RSDE) en vue notamment d'atteindre les objectifs européens sur l'amélioration de la qualité des eaux décrits dans la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 dite Directive Cadre Eau (DCE). Les travaux effectués dans le cadre de cette étude visent en particulier à répondre à la préoccupation des professionnels du secteur d'activités des déchets et des pouvoirs publics quant aux objectifs de réduction des émissions de substances prioritaires dans les rejets des activités de stockage et de traitement des déchets.

A partir des données disponibles au niveau européen et international sur les substances présentes dans les activités des sous-secteurs 3-1 à 3-5 ("stockage et traitement des déchets") de la circulaire du 5 janvier 2009, l'objectif de l'étude consiste à faire un état des connaissances sur le sujet, et en particulier :

- sur l'origine des molécules dans les déchets et les rejets dans le milieu aquatique du secteur d'activités considéré,
- sur les procédures de prélèvement et d'analyse des déchets liquides, effluents liquides et rejets dans le milieu aquatique issus des centres de traitement et de stockage des déchets,
- sur les technologies disponibles pour le traitement des rejets en vue de l'élimination des substances prioritaires.

Une première phase de caractérisation des rejets des ICPE soumises à autorisation, initiée par la circulaire du 4 février 2002, a donné lieu à une grande campagne nationale de recherche des substances prioritaires dans les effluents industriels français entre 2002 et 2007 (RSDE-1: Rejets de substances Dangereuses dans les Eaux). Depuis 2007, les résultats de ces recherches sont validés et rendus publics. Ils sont accessibles par Internet¹.

Une deuxième phase a débuté en France avec la publication de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation. Elle a pour objectif la surveillance des rejets des ICPE par secteurs d'activité (dont la quantification des flux de substances dangereuses), et, le cas échéant, la mise en place d'actions visant à réduire les flux de ces substances dangereuses. Les premières données validées issues de cette deuxième phase (RSDE-2) ont été intégrées à cette étude.

¹ <http://rsde.ineris.fr>

1.1. Sous-secteurs industriels concernés

L'étude porte sur les sous-secteurs de l'industrie du traitement et du stockage des déchets tels qu'ils sont définis dans l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 :

- 3-1. Regroupement, prétraitement ou traitement des déchets dangereux
- 3-2. Installation de stockage des déchets non dangereux
- 3-3. Unité d'incinération d'ordures ménagères
- 3-4. Lavage de citernes
- 3-5. Autres sites de traitement de déchets non dangereux

Les informations tant sur les substances elles-mêmes que sur les méthodes d'atténuation de leur présence dans les rejets, dans la mesure où elles sont disponibles, ont été identifiées pour les différentes étapes de :- Tri

- Transit
- Regroupement
- Traitement (dont stockage)
- Lavage (citernes, aires de réception...)

1.2. Substances concernées

Les substances faisant l'objet de l'étude sont celles listées dans l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 : 35 substances ou familles de substances organiques et 12 substances ou familles de substances minérales.

Une liste complémentaire de 17 substances ou familles de substances en discussion au niveau européen est incluse à cette étude.

Liste de substances organiques :

1,2 dichloroéthane	atrazine	octylphénols
2,4,6 trichlorophénol	diuron	PCB 153
benzène	isoproturon	pentabromodiphényléther
biphényle	simazine	pentachlorobenzène
chlorobenzène	hexachlorobenzène	pentachlorophénol
chloroforme	α hexachlorocyclohexane	tétrachloroéthylène
dichlorométhane	β hexachlorocyclohexane	tétrachlorure de carbone
éthylbenzène	γ -hexachlorocyclohexane	toluène
diphényléther polybromés (47, 99, 100, 154, 153, 183, 209)	isopropylbenzène	tributylphosphate
anthracène	monobutylétain cation	trichloroéthylène
fluoranthène	dibutylétain cation	o, m, p xylènes
naphtalène	tributylétain cation	
	nonylphénols	

Liste de substances minérales :

arsenic et ses composés	cuivre et ses composés	plomb et ses composés
cadmium et ses composés	mercure et ses composés	zinc et ses composés
chrome et ses composés	nickel et ses composés	

Liste complémentaire :

PCB	Irgarol 1051	Cyanures
Dioxines	Cyperméthrine	Diclofenac
PFOS	Dichlorvos	17 α éthinylestradiol
HBCDD	Heptachlore	Ibuprofène
Bifénox	Quinoxifène	17 β œstradiols
Terbutryne	Aclonifen	

2. Méthode de travail retenue

2.1. Recherches bibliographiques

Un travail de recherche bibliographique dans les bases de données nationales et internationales ainsi que dans des documents officiels ou de qualité scientifique reconnue est inévitablement confronté à des difficultés telles que la rareté, voire le constat de l'inexistence de certaines informations, l'inégalité des niveaux d'informations d'un sujet à l'autre, l'inégalité de la qualité des informations rencontrées, ou encore le manque d'accessibilité de ces informations...

Pour cette étude, les sites officiels français, européens ou internationaux ont été privilégiés. En particulier les sites de l'INERIS, d'AQUAREF, du ministère de l'environnement, de l'US EPA, de ministères de la santé de diverses origines, des sites universitaires, etc... Dans un deuxième temps, en l'absence d'informations dans ce type de ressources, des articles, thèses et autres publications scientifiques ont été recherchés et exploités.

La source de chacune des informations recueillies est tracée individuellement (référence bibliographique, origine de l'information, lien Internet le cas échéant).

2.2. Connaissances sur la composition des déchets

A partir de son expérience en matière de caractérisation de déchets, POLDEN a réalisé une matrice plaçant en correspondance la présence possible de chacune des substances faisant l'objet de cette étude avec la composition de chacun des déchets de l'annexe II de l'article R541-8 du code de l'environnement. Cette matrice permet d'identifier les déchets contenant potentiellement des substances dangereuses et donc d'alerter sur la présence possible de ces substances dans les rejets des installations de traitement de ces déchets.

2.3. Fonctionnement des sites industriels du secteur des déchets

A partir de son expérience en matière de conception et de suivi d'installations de traitement de déchets, ARCADIS a réalisé des fiches de synthèse détaillant le mode de fonctionnement général de différentes installations-types caractéristiques de chaque sous-secteur. Ces fiches comprenaient des schémas conceptuels et une description permettant d'identifier les sources de rejets contenant potentiellement des substances dangereuses et donc d'orienter la recherche de solutions d'atténuation (technologies mises en œuvre, procédés de traitement des rejets, bonnes pratiques...).

Cet outil de travail a permis d'aborder les différents sous-secteurs selon leurs particularités. En effet leur origine confère aux effluents des caractéristiques particulières tant du point de vue des substances présentes que du point de vue des spécificités des traitements à mettre en œuvre pour atténuer les rejets. Seule la description des spécificités des rejets en fonction de leur origine a été conservée dans ce rapport.

2.4. Enquêtes auprès des laboratoires d'analyses

Si l'analyse des nombreuses substances dans les eaux usées est du domaine de la routine, certaines substances posent de nombreuses difficultés, en tant que telles (très faibles concentrations, rareté des étalons, volatilité, adsorption...) ou plus généralement du fait de la complexité des eaux usées. En effet, si les laboratoires de chimie fine savent doser des molécules pharmaceutiques dans de l'eau distillée ou dans des liquides organiques (sang, urines), leurs méthodes analytiques ne sont pas applicables aux eaux usées.

Le problème à résoudre est celui du niveau d'exigence de la réglementation (et en particulier de la Directive Cadre Eau) dans laquelle les seuils sont parfois de l'ordre du centième de $\mu\text{g/L}$, à mettre en regard des limites de quantification que les laboratoires d'analyses sont techniquement capables d'atteindre.

Des laboratoires certifiés à même de prendre en charge les différentes analyses de substances dangereuses des campagnes RSDE ont été consultés de façon à dégager les principales causes des difficultés techniques de dosage des substances dangereuses dans les effluents industriels, et en particulier dans le secteur des déchets. Les informations recueillies et vérifiées ont été intégrées aux fiches. En particulier, **M. Jean-Philippe Circal (Laboratoires S.G.S - Antenne de Toulouse)** a validé, commenté et apporté des compléments sur les précautions indispensables à prendre pour le prélèvement, conditionnement et transport de certaines substances.

3. Résultats pratiques de l'étude

La finalité de ce travail est constituée des trois volets suivants

- ✓ **Une synthèse bibliographique sur chacune des substances ou familles de substances** des listes présentées ci-dessus.
- ✓ **Une étude (bibliographique et avis d'experts) sur les procédures de prélèvement et d'analyse des rejets dans le milieu aquatique** issus des centres de traitement et de stockage des déchets (3-1 à 3-5 de l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009), synthétisée sous la forme de recommandations méthodologiques.
- ✓ **Une analyse des technologies disponibles pour le traitement des rejets en vue de l'élimination (ou de l'atténuation) de ces substances**, synthétisée par une série de recommandations spécifiques dans des fiches dédiées à chaque traitement.

Ces trois volets sont matérialisés par des fiches spécifiques rassemblées dans un second tome du rapport d'étude, dont ce rapport présente une synthèse assortie de commentaires : une fiche par substance ou famille de substances, une fiche par type de traitement, et une fiche récapitulant des recommandations de bonnes pratiques pour les prélèvements. Ces documents sont opérationnels, directement utilisables par les industries du secteur des déchets, et abordables pour différents publics (industriels, administration...).

Les fiches substances comme les fiches traitement ont été élaborées à partir des fiches rédigées par l'IRH à la demande de l'Agence de l'Eau Rhône méditerranée Corse (RMC, 2010). Leur contenu (fond et forme) a été conservé comme un socle de base. Les fiches manquantes ont été créées sur le même modèle.

Les fiches dédiées aux substances intègrent, à côté des informations spécifiques à chaque substance, des informations synthétiques sur les procédés de réduction de la substance dans les rejets industriels. Elles comprennent aussi, dans la mesure où les informations étaient disponibles, une liste de déchets connus pour contenir la substance en question - ou susceptible de la contenir.

Les fiches dédiées à l'atténuation des substances (fiches "traitements") dans les rejets sont basées sur celles du rapport de l'IRH. Elles ont été complétées par d'autres fiches décrivant des traitements particulièrement pertinents pour les rejets du secteur du déchet. Des informations bibliographiques et le retour des experts consultés ont été intégrés à ces documents. Les substances particulièrement bien atténuées par chaque technique ont été mises en évidence.

4. Volet 1 : Emission de substances

4.1. Démarche bibliographique

Les fiches des études transversales réalisées par l'IRH pour le compte des Agences de l'Eau (RMC, 2010) sur les substances prioritaires, les grandes familles de traitements actuellement disponibles, ainsi que sur les émissions caractéristiques des grands secteurs industriels ont servi de support pour ce travail. Il s'agit de documents publics. Bien qu'incomplets car ils avaient une vocation transversale pour l'ensemble des secteurs industriels, et ne traitant que d'une partie des substances et des traitements, ces documents ont servi de base à l'élaboration des documents de la présente étude, tant sur le fond que sur la forme.

Les autres sources d'informations consultées, pour l'ensemble des substances sont :

- La base de données du RSDE-1 (dont le rapport d'étude DRC-07-82615-13836²) en particulier pour les valeurs de concentration des substances dans les milieux aquatiques. On notera qu'à la fin 2011, certaines données ne sont pas encore compilées ni publiées. Il s'agit en particulier de celles concernant les substances (ou familles de substances) suivantes : 2,4,6-trichlorophénol, biphényle, diphényléther polybromés, isoproturon, α et γ hexachlorocyclohexane, isopropylbenzène, mono-, di et tri-butylétain cation, nonyl- et octylphénols, PCB, pentabromodiphényléther, tributylphosphate, et chrome et ses composés. Les informations publiées sur ce site pendant la durée de l'étude ont été prises en compte, c'est-à-dire qu'elles ont été passées en revue au moment de la finalisation des documents.
- Des données du RSDE-2 validées par les Agences de l'eau - extraites le 21 novembre 2011. Cette campagne de mesures n'étant pas terminée au moment de la clôture de la présente étude, l'analyse a été réalisée sur un jeu de données partielles.
- Le registre français des émissions polluantes³
- Les fiches toxicologiques de l'INRS
- Les fiches substances de l'INERIS

Les substances concernées par l'étude sont celles identifiées pour le secteur d'activité des industries du déchet et listées dans l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 : 35 substances ou familles de substances organiques et 12 substances ou familles de substances minérales, ainsi qu'une liste complémentaire de 17 substances en discussion au niveau européen.

Dans un premier temps, les trames des différentes fiches "substances" ont été établies pour l'ensemble des substances et familles de substances à partir des données recueillies dans les documents de l'IRH, et complétés par les données extraites des sites de l'INERIS, de l'INRS et du RSDE.

La recherche d'information a ensuite été poussée plus avant pour les substances organiques et minérales en consultant (entre autres) :

- Les bases de données canadiennes (**Santé Canada** en particulier) et de l'**US EPA**
- Les fiches substances du site de l'**EINECS**
- Le site de l'**ECB** (European Chemicals Bureau)
- Les fiches toxicologiques **ATSDR**
- Les bases de données spécifiques à la chimie (**Biochemlinks**, **Chemfinder**, **Chemspider**⁴, **Chemistry resources**, **ChemWeb**, **HBCPnetbase**, **MSDS**, **BIAM**.....)
- Les bases de données spécifiques à certaines familles de substances (**EU Pesticides database**⁵, **UK pesticides database**⁶, **PAN pesticides database**⁷, **Pesticides Properties Data Base**⁸, etc.)

² <http://rsde.ineris.fr/doc/docs%20rsde/DRC-07-82615-13836C.pdf>

³ <http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php>

⁴ <http://www.chemspider.com/>

⁵ http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm

- Les fiches des sites dédiés aux substances (**Swistox.net**, **SIRI**, **NIOSH**, **ICSC**, **Baker list**, **list BMoore**, **IUPAC...**)
- Les sites de l'UIC (Union des Industries Chimiques), ou de la Société Française de Chimie, de l'European Chemical Bureau, le cas échéant
- Le guide pratique des substances toxiques de l'Agence de l'Eau Seine Normandie, guide généraliste traitant aussi des résidus médicamenteux⁹.
- Lorsque les informations sont incomplètes ou demandent à être confirmées, d'autres ressources plus spécifiques à certaines substances sont exploitées le cas échéant (ex : lindane, zinc, pesticides, base de l'INA spécifique aux fongicides...).

Certains organismes pertinents tant par leurs centres d'intérêts que par leur vocation sont toutefois très récents et sont encore au tout début de la production de documents exploitables ou exhaustifs (un faible nombre d'informations sont disponibles sur leurs sites pendant la durée de l'étude). C'est en particulier le cas d'**AQUAREF**, laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques, né de la nécessité de renforcer l'expertise française dans le domaine de la surveillance des eaux à partir de la mise en réseau des compétences et des capacités de recherche de cinq établissements publics directement concernés : le BRGM, le CEMAGREF, l'IFREMER, l'INERIS, et le LNE.

4.2. Point sur les fiches de la liste complémentaire

Une liste de 17 substances "complémentaires" a été ajoutée à la liste principale des substances organiques et minérales qui reprend l'annexe de la circulaire du 5 janvier 2009. Cette liste complémentaire porte sur des substances en discussion au niveau européen. Ces substances n'ont pas été analysées dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2.

4.2.1. Les substances pharmaceutiques

Le caractère particulier des substances pharmaceutiques tient à ce qu'elles sont mises sur le marché au terme d'une sélection rigoureuse ne retenant que **les molécules les plus actives biologiquement et les plus stables chimiquement**. La dimension du problème est d'autant plus importante que, rien qu'au niveau européen, des milliers de tonnes de médicaments humains et vétérinaires sont excrétés, chaque année, inchangés ou sous forme de métabolites. Pour certains médicaments, les niveaux d'utilisation par pays ne dépassent pas quelques centaines de kilogrammes, pour d'autres en revanche, ils se chiffrent en centaines, voire en milliers de tonnes. En Angleterre, en Allemagne et en Autriche, certains produits pharmaceutiques sont utilisés à des quantités annuelles supérieures à 100 tonnes par année. Parmi les anti-inflammatoires les plus utilisés, un ordre de grandeur est donné, par exemple en Allemagne en 2001, avec des quantités, de 345 tonnes d'ibuprofène, et de 86 tonnes de diclofénac. (DELGADO-ZAMBRANO & ALBASI, 2009). Ces molécules, excrétées inchangées se retrouvent dans les eaux usées.

La plupart des traitements biologiques des eaux usées ne sont pas en mesure d'éliminer efficacement ces produits pharmacologiquement actifs. Cela, ajouté à de mauvaises pratiques d'élimination des médicaments périmés, contribue à la contamination de l'environnement aquatique d'eau douce par des produits pharmaceutiques. De plus, le fait que ces molécules soient déversées continuellement dans les milieux aquatiques leur confère une apparente persistance même à ceux possédant une demi-vie brève. Plus de 150 produits pharmaceutiques de différentes classes thérapeutiques ont été détectés jusqu'au µg/L dans diverses matrices environnementales, incluant une grande variété de composés : hormones, régulateurs de lipides, antibiotiques, anticancéreux et d'autres cytotoxiques, antiépileptiques, etc. (DELGADO-ZAMBRANO & ALBASI, 2009).

⁶ <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/projects/ppdb/index.htm>

⁷ http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp

⁸ <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/projects/ppdb/index.htm>

⁹ <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5327>

Malgré les efforts considérables qui ont été accomplis ces toutes dernières années dans la mise au point de techniques d'analyse des produits pharmaceutiques dans les eaux usées et les boues, les données disponibles sont souvent lacunaires, et difficilement accessibles. Le plus souvent, ces substances ne font pas encore l'objet de dossiers officiels (INERIS, RSDE, INRS, US EPA...) ; leurs fiches de données de sécurité sont incomplètes et elles n'ont pas - ou rarement été dosées dans les rejets industriels en France. Lorsqu'elles n'ont pas été trouvées, dans la mesure du possible les informations ont alors été recherchées dans une bibliographie spécifique (thèses, articles dans des revues scientifiques internationales, actes de congrès...).

Les substances concernées sont : le diclofénac et l'ibuprofène (anti-inflammatoires non stéroïdiens), le 17 α éthinylestradiol et le 17 β œstradiols (œstrogènes de synthèse).

4.2.2. Les substances phytosanitaires

Les substances phytosanitaires mises en évidence dans les eaux naturelles le sont en général à des concentrations de l'ordre du $\mu\text{g/l}$, ou inférieures. Elles sont la conséquence des traitements agricoles et la contamination du milieu se fait essentiellement de façon diffuse. La campagne RSDE-1 (INERIS, 2008) a montré que les concentrations en pesticides décelées en aval des rejets de certains sites industriels étaient parfois expliquées par les teneurs amont du cours d'eau.

La présence de substances phytosanitaires est une problématique relativement récemment prise en compte dans les eaux usées. Pour répondre aux exigences de qualité des eaux de consommation et à la compréhension de phénomènes de toxicité observés sur des organismes des écosystèmes, des méthodes d'analyse ont été développées dans les eaux naturelles.

Les données physicochimiques sont disponibles sur les sites spécialisés.

Les substances concernées par l'étude sont : le bifénox, le quinoxifène et l'aclonifène, herbicides, le terbutryne et l'irgarol 1051, des algicides et la cyperméthrine, le dichlorvos et l'heptachlore, des insecticides.

4.2.3. Les autres substances et familles de substances

Excepté le cas de l'hexabromocyclododécane, molécule présentant un certain nombre d'isomères les "autres substances" sont des familles de composés chimiques.

Les "substances" concernées sont : les **PCB** (soit 209 congénères polychlorobiphényles), les **dioxines** (210 congénères d'ortho, para et méta-dioxines, de dibenzodioxines et de polychlorodibenzo-p-dioxines), les **PFOS** (89 congénères linéaires et ramifiés de perfluorooctane sulfonates), l'**HBCDD** (hexabromocyclododécane), et les **cyanures** (ion particulièrement réactif, se combine à de nombreuses molécules dans le milieu naturel comme dans les eaux usées, et forme facilement des complexes poly-cyanurés avec les métaux).

Les PCB : la dénomination "PCB" (polychlorobiphényles) recouvre une famille de 209 composés aromatiques organochlorés de synthèse. La simplicité de synthèse à partir de biphényle et de chlore associée à la multiplicité de leurs propriétés physico-chimiques ont été à l'origine d'une très grande diversité d'applications en circuits fermés (usages électriques) et ouverts (applications industrielles et domestiques variées). Leur persistance dans l'environnement et leur capacité à être bioaccumulés par les organismes à travers les chaînes trophiques font que leur fabrication, puis leur utilisation, ont peu à peu été restreintes jusqu'à leur interdiction actuelle dans la majorité des pays.

Chimiquement, les PCB sont proches des polychloroterphényles, des polychlorodibenzo-furanes et des dioxines.

Les réglementations successives font que plusieurs méthodes d'analyses sont disponibles pour diverses matrices (eaux naturelles, eaux usées, boues, huiles et déchets industriels, aliments, poissons, etc.)

Les dioxines constituent une famille de, selon les auteurs, plus de 210 congénères dont certaines sont connues pour être cancérigènes (en particulier la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine dite "dioxine de Seveso"). Certaines substances, chimiquement proches, sont parfois assimilées aux dioxines par la réglementation, c'est en particulier le cas des "PCB dioxin-like".

Les dioxines n'ont pas été synthétisées volontairement pour des usages industriels mais sont en général néoformées involontairement, par exemple lors de la combustion de matières organiques en présence de chlore. La problématique des dioxines étant principalement celle des rejets des cheminées, la réglementation et les méthodes de prélèvement et d'analyse existantes sont liées à ce type de matrice.

Les dioxines ne font pas l'objet de dossiers officiels ni de fiches de données de sécurité (INERIS, RSDE, INRS, US EPA...). On ne trouve rien non plus à leur sujet sur le site d'Aquaref. De plus, si elles ont pu être quantifiées dans certains déchets (mâchefers d'UIOM, cendres...) elles n'ont pas - ou rarement, été dosées dans les rejets industriels en France. Les données sur leur caractérisation physico-chimique, leur analyse dans les eaux usées et les boues, sont donc difficilement accessibles.

Les PFOS (perfluorooctane sulfonates) sont une famille de composés organiques perfluorés de synthèse. Selon les auteurs, cette famille comporte 40 à 88 composés. Ils ont été largement utilisés pour leurs propriétés anti-taches et hydrofuges (traitement des tissus, tissus d'ameublement, moquettes, mais aussi emballages alimentaires) ainsi que pour leurs propriétés tensioactives (mousses d'extincteurs, fluides hydrauliques, etc.). Leurs effets toxiques font que leurs usages sont désormais soumis à de nombreuses restrictions.

On trouvera des PFOS dans les eaux usées et les boues de station d'épuration urbaines ou industrielles, ainsi que dans les lixiviats de décharges (y compris d'ordures ménagères) par le biais des objets et matériaux traités. Ils peuvent être libérés dans l'environnement par les eaux usées (traitées ou non) ainsi que par les émissions des objets et applications qui en contiennent (en particulier les produits d'extinction des incendies).

Ces dernières années, des méthodes d'analyses des matrices de l'environnement ont été validées.

Les HBCDD sont une famille de 16 isomères de l'hexabromo-cyclododécane. Ces molécules sont des composés organiques de synthèse, persistants, connus pour leur toxicité. Ils ont été utilisés comme retardateurs de flamme des polystyrènes isolants des matériaux de construction, des véhicules automobiles, des matériaux d'emballage, ainsi que dans divers équipements électriques et électroniques (électro-ménager en particulier).

Quelques méthodes d'analyses dans les eaux de surface existent.

Les cyanures sont une famille de très nombreux composés chimiques naturels comme de synthèse. En chimie industrielle, le cyanure est utilisé comme ligand puissant pour de nombreux métaux, en particulier pour les métaux de transition¹⁰ (dont, dans l'ordre du tableau de Mendeleiev, pour les plus courants, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ta, W, Ir, Pt, Au, Hg).

Très réactif, le cyanure est facilement incorporé à des molécules organo-halogénées par déplacement d'un halogène. Dans les synthèses organiques, on utilise le cyanure pour augmenter la longueur des chaînes organiques en même temps que pour introduire d'autres fonctions chimiques. Les utilisations des cyanures sont nombreuses en métallurgie, comme insecticide, raticide, etc.

¹⁰ Les métaux de transition ont une sous-couche électronique incomplète ou peuvent donner un cation ayant une sous-couche électronique incomplète

4.3. Commentaires sur les points abordés dans les fiches

4.3.1. Propriétés physico-chimiques

Pour compléter la trame fournie par le rapport réalisé par l'IRH (RMC, 2010), les propriétés physico-chimiques des différentes substances ont été reprises des documents officiels disponibles sur les sites de l'INERIS (Portail Substances Chimiques, sites officiels cités plus haut). Pour un paramètre donné, lorsque les valeurs étaient identiques, la première référence rencontrée a été conservée. Lorsque des valeurs différentes étaient rencontrées, elles ont toutes été citées.

Dans le cas où des valeurs dépendent d'un autre paramètre (en général la température), par exemple la pression de vapeur, la solubilité, différentes valeurs ont été retenues, associées aux températures correspondantes.

Pour les fiches correspondant à des familles de substances, une première page récapitule les informations générale de la substance principale (élément métal pour les fiches "métaux et composés", TCDD pour les dioxines....), les pages suivantes déclinent les informations recueillies pour un certain nombre de composés. Dans le cas des métaux en particulier, le nombre de composés, et la nature des informations disponibles pour chaque composé est très inégale car la liste des composés pris en compte a augmenté au fur et à mesure des documents consultés, toutes les informations n'étant pas systématiquement disponibles (ne serait-ce que les formules chimiques). Dans la mesure du possible, les informations ont été recherchées de façon à atteindre une relative homogénéité du niveau d'information.

4.3.2. Réaction avec d'autres molécules ou conditions

Lorsqu'elles étaient présentes dans les documents consultés, les informations sur la réaction avec d'autres molécules ou conditions (température, pression, hygrométrie...) ont été consignées. La stabilité de la substance a été notée dans la mesure du possible.

4.3.3. Métabolites connus dans les stations d'épuration

Lorsqu'elles étaient présentes dans les documents consultés, les informations sur les métabolites connus de la substance dans les stations d'épuration ont été recueillies.

Le fait que la substance puisse elle-même être un métabolite d'une autre substance concernée par l'étude a été mentionné. Le cas échéant, cette information a été reprise dans le paragraphe "néoformation".

4.3.4. Toxicité - Ecotoxicité

✓ Valeurs réglementaires : les NQE

Les normes de qualité environnementales (NQE) sont issues de l'annexe I de la Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008¹¹. Elles sont disponibles pour une partie seulement des substances ou familles de substances. Les NQE sont exprimées en valeur **M**oyenne **A**nnuelle (**NQE-MA**). Sauf indication contraire, elles s'appliquent à la concentration totale de tous les isomères d'une substance donnée (ou de tous les sels pour un métal). Les NQE peuvent aussi être exprimées en **C**oncentration **M**aximale **A**dmissible (**NQE-CMA**). Lorsque les NQE-CMA sont indiquées comme étant «sans objet», les valeurs retenues par la directive pour les NQE-MA sont réputées assurer une protection contre les pics de pollution à court terme dans les rejets continus, dans la mesure où elles sont nettement inférieures à celles définies sur la base de la toxicité aiguë.

¹¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

En cas d'absence de NQE dans ce texte, les valeurs disponibles dans d'autres textes officiels antérieurs ont été recherchées (valeurs SEQ-eau ou valeurs NQE temporaires du BRGM par exemple).

La Directive Cadre Européenne sur l'eau 2000/60/CE¹² fixe aux états membres un objectif d'atteinte du bon état des masses d'eau européennes pour 2015. Ce bon état est défini notamment à partir de valeurs seuils à ne pas dépasser pour les concentrations d'un certain nombre de polluants. Pour les eaux superficielles la Directive 2008/105/EC (du 16/12/2008)¹³ donne, pour les polluants prioritaires, ces normes de qualité environnementales (NQE). Pour les eaux souterraines, la directive fille 2006/118/CE¹⁴ impose aux états membres de fixer leurs propres valeurs seuils en prenant en compte l'absence d'impact de ces eaux sur les eaux de surface et sur les utilisations futures. (Ghestem, Crouzet, & Girardot, 2008)

Cas des substances naturellement présentes dans l'environnement (métaux) :

Du point de vue du BRGM, établir des valeurs seuils pour les métaux et pour certain autres éléments n'est pas toujours facile car dans certains contextes géologiques, ces éléments se trouvent naturellement à des concentrations non négligeables dans les masses d'eau (Ghestem, Crouzet, & Girardot, 2008).

La directive 2008/105/EC ainsi que la circulaire française DCE 2007/23¹⁵ autorisent la prise en compte de la concentration "naturelle" de l'élément pour la région considérée dans la définition des valeurs seuils environnementales. La circulaire française DCE 2007/23 définit des NQE provisoires à partir de valeurs de fond géochimique augmentées de valeurs qui sont fonction des éléments traces considérés. Les valeurs de fond géochimique ont donc un impact important dans la définition des critères de bon état.

La circulaire mentionne que "la somme de la NQE provisoire et du bruit de fond géochimique représente la concentration maximale admissible par le milieu. L'estimation de la concentration du bruit de fond géochimique est basée sur la meilleure information disponible relative à la concentration dans le même type de milieu naturel soumis à une faible pression anthropique".

En France, le BRGM, dans le cadre du programme de travail AQUAREF 2008 et de la convention de partenariat ONEMA-BRGM 2008, a réalisé une synthèse sur les concentrations de fond géochimique présentée sous la forme d'une cartographie de zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines. Parmi les conclusions de ces rapports, il ressort notamment la difficulté d'interpréter des données de qualité très inégale, non adaptées à l'objectif de définition des fonds géochimiques, et la nécessité d'acquérir de nouvelles données. Ce rapport constitue la première version d'un cahier des charges pour l'échantillonnage et l'analyse des éléments traces en vue d'acquérir des données pour définir les fonds géochimiques. Il concerne les eaux de surface continentales et les eaux souterraines.

Note : Le terme "bruit de fond géochimique" utilisé dans la circulaire française est un abus de langage. Le terme utilisé en anglais est "background concentration" ou "background reference concentration". La dénomination exacte en français est "concentration de fond naturelle" ou "fond géochimique". (Ghestem, Crouzet, & Girardot, 2008)

¹² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:FR:PDF>

¹³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:EN:PDF>

¹⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0019:0031:FR:PDF>

¹⁵ http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf

✓ Valeurs réglementaires : les Limites de Quantification (LQ)

On appelle "LD" (limite de détection) la plus petite quantité d'un analyte observable dans un échantillon donné. La "LQ" (limite de quantification) est la valeur en dessous de laquelle il est difficile de quantifier une substance avec une incertitude acceptable. Les limites de quantification dépendent des techniques analytiques mises en œuvre et sont en général de 5 à 10 fois celle de la limite de détection. (INERIS, 2008).

Les limites de quantification présentées dans les fiches substances sont issues de la circulaire du 5 janvier 2009. Elles fixent les niveaux analytiques à atteindre par les laboratoires pour la quantification des substances dans les eaux usées. On notera les progrès significatifs faits par les laboratoires entre les campagnes du RSDE-1 et celles du RSDE-2, bien que certains aient pu se retirer des campagnes d'analyses faute d'être en mesure d'atteindre les niveaux exigés.

Les limites de quantification des éléments traces sont en général facilement atteintes dans des matrices telles que les eaux de nappe ou les eaux de surface. En revanche, la complexité de matrices telles que les lixiviats de décharges, les rejets salins, la présence de gels... impose parfois la dilution des échantillons pour analyse afin de s'affranchir des interférences liées à la matrice. Plus la dilution sera importante, plus la limite de quantification sera difficile à atteindre.

Note : les interférences connues pour le dosage des substances sont indiquées dans la partie "analyse".

✓ Le rapport NQE / LQ

Dans la mesure où les limites de quantification sont parfois proches, voire égales, aux valeurs des normes de qualité environnementales, un commentaire sur la compatibilité technique entre ces deux paramètres est intégré à la fiche.

✓ Valeurs de sensibilité du milieu naturel : les PNEC

La PNEC correspond à la concentration d'une substance donnée dans l'environnement en dessous de laquelle aucun effet toxique ne devrait se manifester (Previsible Non Effect Concentration).

En fonction des données écotoxicologiques disponibles, il est possible de calculer des PNEC pour chaque compartiment de l'environnement (PNEC eaux douces / marines, PNEC sédiment, PNEC chroniques, PNEC poissons, PNEC crustacés, etc...)

L'établissement des PNEC est une démarche complexe décrite par la Directive Cadre Eau 2000-60 CE. A partir de données expérimentales réalisées pour l'occasion, et/ou à partir des données de bioessais disponibles dans la littérature, les données recueillies sont validées et compilées. La sensibilité (en mg/l) de l'organisme le plus sensible est retenue, et divisée par un facteur de sécurité fonction du nombre de données recueillies, de leur représentativité et de leur qualité (de 1 pour des résultats d'études en mésocosme à 1 000 pour un minimum de 3 organismes de niveaux trophiques différents sans valeur de toxicité chronique). La valeur résultante est la PNEC pour la substance considérée.

En pratique, chaque année l'INERIS publie des documents¹⁶ établissant une ou plusieurs PNEC pour quelques substances. Ce sont ces valeurs "officielles" qui ont été retenues dans les fiches.

On notera que la toxicité (i.e. la PNEC) est une propriété intrinsèque de chaque substance, et qu'en particulier les différents composés d'un même métal ont des toxicités significativement différentes les uns des autres. Les composés métalliques étant dosés sous forme "totale" après minéralisation et dissolution dans une matrice acide (ou basique), les PNEC disponibles ne prennent pas en compte la spéciation (excepté pour le chrome qui est différencié en "chrome III" et "chrome IV").

¹⁶ Documents disponibles sur le site Portail Substances Chimiques : <http://www.ineris.fr/substances/fr/>

4.3.5. Traitabilité de la substance dans les rejets industriels

Ce paragraphe rappelle succinctement les modes d'atténuation de la substance les plus efficaces dans les rejets.

Ces informations proviennent d'une part de la compilation des informations issues de la bibliographie consultée pour l'établissement des fiches "substances" et d'autre part des informations bibliographiques et recueillies auprès d'experts pour l'établissement des fiches "traitement".

4.3.6. Réglementation

Le statut des substances au regard des différents textes définissant les substances prioritaires, les substances dangereuses prioritaires, les substances sous surveillance ou sous réduction, ainsi que leur statut REACH ont été recherchés. Pour faciliter l'accès rapide aux textes, toutes les citations sont associées à des liens Internet.

4.3.7. Néoformation ou émissions involontaires

Certaines substances, absentes des déchets entrant sur le site industriel et n'entrant pas dans les réactifs utilisés sur le site peuvent cependant être présentes dans les rejets. Ces substances sont dites "néoformées". Elles peuvent en effet être formées, soit suite au process (cas des dioxines lors de la combustion de matière organique en présence de chlore, de certains composés organo-halogénés...), ou encore être issues de processus de dégradation d'autres molécules (dégradation abiotique ou biodégradation).

Lorsqu'elles sont identifiées dans la bibliographie, les substances susceptibles d'être néoformées sont signalées explicitement dans les fiches substances. Ces informations sont croisées avec celles issues des recherches d'informations sur les procédés de traitements.

Si, lors de la recherche bibliographique, il apparaît qu'une des substances étudiées peut être un métabolite et donc provenir de la dégradation d'une autre substance (dangereuse ou non), cette information est intégrée à la fiche.

4.3.8. Production / Utilisations

Des informations sur le mode de synthèse de substances ont été ajoutées aux fiches (en particulier pour les substances organiques) de façon à identifier celles qui sont susceptibles d'apparaître suite à l'application d'un process particulier. Ces informations ont été renseignées dans la mesure où elles étaient facilement disponibles dans la bibliographie.

4.3.9. Utilisation dans les procédés industriels

✓ Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Des informations sur l'utilisation spécifique des substances dans les procédés des industries du secteur des déchets ont été recherchées.

Dans leur grande majorité, les substances faisant l'objet de l'étude n'entrent pas dans les process industriels.

✓ Utilisation par les autres secteurs industriels

Ces informations sont fournies à titre indicatif en vue d'estimer la présence potentielle de la substance concernée dans les déchets de ce secteur.

4.3.10. Présence dans les rejets et dans l'environnement

• Occurrence dans les rejets industriels

Dans un premier temps, l'occurrence de chaque substance dans les rejets a été estimée à partir de deux sources d'informations. La première source est le rapport de l'INERIS sur la campagne d'analyses du RSDE-1 (INERIS, 2008). La seconde source est le fichier de données de la campagne RSDE-2, en cours d'alimentation par l'INERIS car cette campagne n'était pas terminée à l'époque de la fin de l'étude. Pour chaque substance, les sous-secteurs de l'activité de traitement des déchets particulièrement concernés ont été spécifiés (ex : 3.1, 3.2...) à partir de données partielles de la campagne RSDE-2 (novembre 2011), pour les raisons décrites au paragraphe suivant.

On notera que les substances de la liste complémentaire ne sont pas concernées par cette analyse car elles n'ont pas été quantifiées dans les rejets. Les informations du RSDE-1 et du RSDE-2 ne sont pas disponibles pour la totalité des substances concernées par l'étude. Le tableau ci-dessous fait le point sur la disponibilité des données.

Tableau 1 - Point sur la disponibilité des données disponibles dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2 pour les substances concernées par l'étude

	substance concernées par l'étude	informations RSDE-2	informations RSDE-1
métaux et composés	arsenic & composés	arsenic	arsenic
	cadmium & composés	cadmium	cadmium
	chrome & composés	chrome	chrome
	cuivre & composés	cuivre	cuivre
	mercure & composés	mercure	mercure
	nickel & composés	nickel	nickel
	plomb & composés	plomb	plomb
solvants chlorés	zinc & composés	zinc	zinc
	1,1-dichloroéthane	1,1-dichloroéthane	1,1-dichloroéthane
	1,2-dichloroéthane	1,2-dichloroéthane	1,2-dichloroéthane
	dichlorométhane	dichlorométhane	dichlorométhane
	chloroforme	trichlorométhane	trichlorométhane
	tétrachloroéthylène	tétrachloroéthylène	tétrachloroéthylène
	tétrachlorure de carbone	tétrachlorure de carbone	tétrachlorure de carbone
chlorophénols	trichloroéthylène	trichloroéthylène	trichloroéthylène
	2,4,6-trichlorophénol	2,4,6-trichlorophénol	2,4,6-trichlorophénol
HAP	pentachlorophénol	pentachlorophénol	pentachlorophénol
	anthracène	anthracène	anthracène
pesticides chlorés	naphthalène	naphthalène	naphthalène
	fluoranthène	fluoranthène	fluoranthène
	hexachlorocyclohexane ☐	hexachlorocyclohexane ☐	hexachlorocyclohexane
	hexachlorocyclohexane ☐	hexachlorocyclohexane ☐	
hexachlorocyclohexane ☐	hexachlorocyclohexane ☐		
heptachlore			
pesticides phosphorés	dicofol		
	dichlorvos		
pesticides azotés	atrazine	atrazine	atrazine
	diuron	diuron	diuron
	isoproturon	isoproturon	isoproturon
	simazine	simazine	simazine
	irgarol		
	bifénox		
	aclonifen		
	quinoxifène		
BTEX	zeta cyperméthrine		
	terbutryne		
	benzène	benzène	benzène
	toluène	toluène	toluène
	éthylbenzène	éthylbenzène	éthylbenzène
chlorobenzènes	o,m,p,-xylènes	o,m,p,-xylènes	o,m,p,-xylènes
	cumène	isopropylbenzène	isopropylbenzène
	chlorobenzène	chlorobenzène	chlorobenzène
divers	pentachlorobenzène	pentachlorobenzène	pentachlorobenzène
	hexachlorobenzène	hexachlorobenzène	hexachlorobenzène
divers	biphényle	biphényle	biphényle
	tributylphosphate	tributylphosphate	tributylphosphate

Tableau 1 - suite - Point sur la disponibilité des données disponibles dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2 pour les substances concernées par l'étude

	substance concernées par l'étude	informations RSDE-2	informations RSDE-1
nonyl- & octylphénols	nonylphénols	nonylphénols totaux	nonylphénols
		nonylph. monoéthoxylate	
		nonylphénol diéthoxylate	
		nonylphénols linéaires	
	octylphénols	nonylphénols ramifiés	octylphénols
		octylphénols totaux	
para-tert-octylphénols			
		p-n octylphénol	
PCB	PCB	PCB 28	PCB 28
		PCB 52	PCB 52
		PCB 101	PCB 101
		PCB 118	PCB 118
		PCB 138	PCB 138
		PCB 180	PCB 180
PCB	PCB 153	PCB 153	PCB 153
dioxines	dioxines		
butylétain cations	monobutylétain cation	monobutylétain cation	monobutylétain cation
	dibutylétain cation	dibutylétain cation	dibutylétain cation
	tributylétain cation	tributylétain cation	tributylétain cation
ignifuges bromés - PBDE	HBCDD	PBDE 47	BDE
		PBDE 99	
		PBDE 100	
		PBDE 153 - HBCDD	
		PBDE 154 - HBCDD	
		PBDE 183	
		PBDE 209	
cyanures	cyanures		
médicaments	dichlofénac		
hormones	17 β estradiol		
	17 α ethinylestradiol		
tensioactifs	PFOS & sels		

• Notes sur la qualité des données RSDE

- ✓ Les données de la campagne RSDE-1 ont donné lieu à une étude approfondie de la part de l'INERIS (INERIS, 2008). Ces données résultent de la compilation des données physico-chimiques issues de l'analyse des prélèvements réalisés entre 2002 et 2007 sur les rejets de sites industriels volontaires. Reposant sur une démarche volontaire, les industries ayant fait l'objet de la campagne RSDE-1 ne sont pas représentatives de l'ensemble du tissu industriel français, et par conséquent le jeu de données qui en est issu n'est pas non plus représentatif de la composition de l'ensemble des rejets des industries sur le territoire national. Les tendances mises en évidence dans le rapport (INERIS 2008) sont donc citées à titre d'information.

En particulier, selon le rapport (INERIS, 2008) le secteur du traitement et stockage des déchets est représenté par 240 sites dont 37 sites de stockage de déchets, 16 sites d'incinération et 28 sites de lavage de citernes. Le détail des flux pour chacune de ces activités n'est pas détaillé.

Dans campagne RSDE 1, le secteur du traitement et du stockage des déchets figure parmi les secteurs pour lesquels le plus grand nombre de substances ont été quantifiées : 100 substances quantifiées dont 18 dangereuses prioritaires ou appartenant à la liste 1, et 26 prioritaires. (INERIS, 2008). Par ailleurs, les 8 métaux recherchés sont retrouvés (dont 6 quantifiés) dans plus de 40% des sites (zinc, nickel, cuivre, mercure, plomb, chrome). Parmi les substances organiques analysées, le naphtalène, le tributylphosphate, le toluène, le 4-tert-butylphénol et le fluoranthène sont rejetés par plus de 30% des sites ayant fait l'objet de la campagne RSDE-1.

Pour la campagne RSDE-1, les conclusions du rapport (INERIS, 2008) sont :

1. **Les flux rejetés par le secteur des déchets sont essentiellement des métaux**, en particulier zinc, plomb, nickel ; les flux de mercure sont également notables (contribution du secteur 3 à plus de 30% des émissions industrielles mesurées).
2. **Les rejets de substances organiques** sont caractérisés par des flux d'acide chloroacétique (émetteur principal), de chlorure de méthylène, et de BTEX (toluène).
3. **Les flux de pesticides sont également importants**. Ce secteur est notamment le principal émetteur des flux d'isoproturon et de simazine mesurés.

Les données du RSDE-1, jugées trop peu représentatives n'ont finalement pas été exploitées dans la suite de ce rapport.

- ✓ **Les données de la campagne RSDE-2**, à la date de la fin de la présente étude, sont encore en cours d'acquisition au niveau national. Au fur et à mesure de leur validation, les données sont transmises sous forme informatique par l'INERIS aux services de l'état concernés, et non publiées. Une extraction des données brutes validées au 21 novembre 2011 a été fournie par l'Agence de l'Eau RMC pour cette étude. Les données prises en compte ont été préalablement qualifiées de niveau 2 par l'INERIS, à savoir qu'elles ont été jugées fiables. Néanmoins, l'exploitation de ces fichiers par l'Agence de l'Eau a conduit à relever des erreurs manifestes qui n'étaient pas corrigées à l'époque où elles ont été intégrées à cette étude.

Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "*flux moyens réglementaires formatés*" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné.

Ces données, incomplètes puisque la campagne n'est pas achevée, ne peuvent pas être considérées comme représentatives de la situation du secteur 3, de chaque sous-secteur, et encore moins de la situation industrielle nationale. Elles ont cependant été exploitées d'une part pour donner une idée de la contribution respective de chaque sous-secteur dans les flux émis par le secteur des industries du déchet, et d'autre part pour identifier dans un premier temps les substances d'intérêt par sous-secteur. Ces informations devront être confirmées lorsque les données de la deuxième campagne RSDE seront disponibles.

Précisions complémentaires sur la représentativité des données traitées :

Dans le cadre des campagnes RSDE-2, le programme d'analyses n'était pas le même pour tous les sous-secteurs.

Parmi les données qui nous ont servi de base de travail, on notera que certaines substances, qui ne faisaient pourtant partie du programme d'analyses obligatoires du sous secteur concerné, ont malgré tout été dosées sur certains sites (pour des raisons administratives, ou par décision de l'industriel). C'est-à-dire que la totalité des substances n'a pas été dosée de manière systématique sur tous les sites. Ce point a au moins deux conséquences sur les conclusions de la présente étude :

- Les évaluations des contributions respectives de chaque sous-secteur dans le flux total du secteur des industries du déchet sont biaisées lorsque la substance n'a pas été dosée dans tous les sous-secteurs. Ce point est signalé chaque fois que c'est le cas.
- Certaines de ces substances peuvent apparaître dans les "substances d'intérêt" pour un sous secteur pour lequel elles ne sont pas dosées systématiquement. C'est par exemple le cas du cadmium pour le sous secteur 3.2 des installations de stockage de déchets non dangereux. Les données ne sont alors pas représentatives de l'ensemble des activités du sous secteur et plutôt liées à un ou à quelques sites particuliers. Ce point est signalé lorsque c'est le cas.

Rappel des substances concernées par la campagne RSDE pour chaque sous-secteur (annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique

présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE soumises à autorisation)¹⁷) :

- **en gras "X"** : les substances dangereuses communément retrouvées dans les rejets d'eaux industrielles des ICPE exerçant cette activité. La présence de ces substances peut notamment s'expliquer soit par leur utilisation directe au cours du process soit par leur présence dans des matériels connexes couramment utilisés dans ce secteur d'activité.

- *En italique "x"*, les substances dangereuses dont la présence dans les rejets de certaines ICPE de ce sous-secteur a été constatée mais pour lesquelles soit :

- un nombre limité de rejeteurs ont été identifiés pendant la première campagne RSDE sans qu'il soit possible d'en déterminer a priori la typologie,
- il est possible, sans que cela ait pu pour l'instant être systématiquement démontré, que les eaux amont soient à l'origine de la présence de ces substances dangereuses.

Substances organiques :

Tableau 2 - liste des substances organiques analysées dans chaque sous-secteur 3.1 à 3.5

3 - TRAITEMENT ET STOCKAGE DES DECHETS		3.1 - Regroupement, prétraitement ou traitement des déchets dangereux	3.2 - Installation de stockages de déchets non dangereux	3.3 - Unité d'incinération d'ordures ménagères	3.4 - Lavage de citernes	3.5 - Autres sites de traitement de déchets non dangereux
1,2 dichloroéthane					x	
2,4,6 trichlorophénol				x		
Benzène		x	x		X	
Biphényle					X	x
Chlorobenzène					x	
Chloroforme	(2)	x		x	X	x
Dichlorométhane		X			X	
Diphényléther polybromés (47,99,100,154,153,183,209)					x	x
Ethylbenzène		x			X	x
HAP - Anthracène		X		x	X	X
HAP - Fluoranthène	(4)	X		X	X	
HAP - Naphtalène		X	X	X	X	X
Herbicide - Atrazine		x			x	x
Herbicide - Diuron		X	x		x	x
Herbicide - Isoproturon	(3)	x	x			x
Herbicide - Simazine		x			x	x
Hexachlorobenzène				x		x
Hexachlorocyclohexane (X	x			x
Hexachlorocyclohexane (- lindane)		X		x	x	x
Isopropylbenzène					x	
Monobutylétain cation		x	x		x	x
Dibutylétain cation		x	x		x	x
Tributylétain cation		x	x		x	x
Nonylphénols		X	X	X	x	X
Octylphénols		x	X			x
PCB 153	(5)					x
Pentabromodiphényléther		x				
Pentachlorobenzène					x	
Pentachlorophénol		x	x	X	x	X
Tétrachloroéthylène	(1)	X		x	X	x
Tétrachlorure de carbone					x	x
Toluène		X	x	x	X	x
Tributylphosphate		x	x	x	x	X
Trichloroéthylène	(1)	X	x	x	X	x
Xylènes (Somme o,m,p)		x			X	x

¹⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Notes (extrait de la circulaire du 5 janvier 2009)

- (1) Le **trichloréthylène** et le **tétrachloroéthylène**, solvants pouvant être utilisés pour le dégraissage de pièces mécaniques. [...]
- (2) [...] Le **chloroforme** [...] peut être synthétisé en présence d'eau de javel et de matière organique. [...] Ces substances seront donc à rechercher dans les rejets aqueux dès lors que les pratiques et les produits utilisés sur le site industriel, notamment de type tour aéroréfrigérante, pourront conduire à l'apparition de ces substances. Ces produits apparaissent dans les listes en gras pour des secteurs effectuant régulièrement des nettoyages. [...]
- (3) Les produits phytopharmaceutiques à usage d'herbicides (alachlore, **atrazine**, **diuron**, **isoproturon**, **simazine**, trifluraline). Parmi ces substances utilisées comme herbicides et figurant dans les annexes de la DCE, toutes à l'exception de l'isoproturon font l'objet en France d'un retrait du marché et d'un retrait d'usage prenant effet au plus tard le 31 décembre 2008. [...]
- (4) Les **HAP** : les 5 HAP classées substances dangereuses prioritaires sont le benzo(a)pyrène, le benzo(k)fluoranthène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(ghi)pérylène, et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène) [...]. On notera que les HAP concernés par les activités de traitement et de stockage des déchets ne font pas explicitement partie des HAP classés substances dangereuses prioritaires.
- (5) Les **PCB** : la première phase de l'opération RSDE montre clairement qu'aucun secteur d'activité industriel ne peut à l'heure actuelle être «étiqueté» comme rejeteur de PCB. Les rejets de PCB n'ont été détectés que dans 2% des sites environ. Les teneurs mesurées sont faibles, de l'ordre du microgramme par litre au maximum, et les flux estimés des rejets sont en général très faibles (de l'ordre du mg/jour pour les plus gros rejets). De plus, à chaque fois que des investigations ont été menées pour détecter les sources émettrices, ce sont des sources ponctuelles, indépendantes de l'activité de l'établissement qui ont pu être mises en évidence [...]. Les PCB ne figurent donc en gras dans aucune liste sectorielle.

Substances (ou familles de substances) minérales :

Tableau 3 - liste des substances minérales analysées dans chaque sous-secteur 3.1 à 3.5

3 - TRAITEMENT ET STOCKAGE DES DECHETS	3.1 - Regroupement, prétraitement ou traitement des déchets dangereux	3.2 - Installation de stockages de déchets non dangereux	3.3 - Unité d'incinération d'ordures ménagères	3.4 - Lavage de citernes	3.5 - Autres sites de traitement de déchets non dangereux
Arsenic		X			X
Arsenic et ses composés	X		x	x	
Cadmium et ses composés	X		X	X	X
Chrome		X			X
Chrome et ses composés	X		X	X	
Cuivre					X
Cuivre et ses composés	X	x	X	X	
Mercure et ses composés	X	x	X		X
Nickel et ses composés	X	X	X	X	X
Plomb et ses composés	X	x	X	X	X
Zinc		X			X
Zinc et ses composés	X		X	X	

Pour information, le jeu de données de la campagne RSDE-2 arrêtées au 21 novembre 2011) utilisé pour l'étude correspond à un total de 1601 GIDIC¹⁸ (pour 23 secteurs industriels concernés) dont 209 GIDIC du secteur 3. Les émissions n'ont pas été mises en comparaison avec l'activité propre à chaque site. Chaque sous-secteur garde donc l'hétérogénéité induite par les installations qu'il couvre (notamment, les installations de traitements spécialisés n'ont pas été individualisées).

¹⁸ Le logiciel **GIDIC** est une application informatique permettant la gestion et le suivi des établissements industriels français soumis à risques. par les DREAL (<http://www.synapse-info.com/spip.php?article52>).

- **Présentation des données du RSDE-2**

Dans chacune des fiches substances (voir tome 2 du rapport), seules les informations issues de la campagne RSDE-2, avec les réserves décrites ci-dessus ont été retenues. Elles sont présentées de façon à permettre de visualiser la part de chaque sous-secteur dans le flux émis par le secteur des déchets.

Pour chacune des substances faisant l'objet de cette étude, les données partielles du RSDE-2 ont été traduites sous forme de graphique intégré à la fiche "substance" concernée. L'accent a été mis sur l'étendue des contributions respectives des différents sous secteurs au flux de la substance dans le secteur des déchets. La représentation graphique est complétée par les données complètes sous forme de texte.

Toutes les données relatives aux différentes substances sont récapitulées dans le chapitre suivant (4.4.1).

Les éventuels manques de représentativité des résultats sont signalés chaque fois que c'est le cas (en particulier pour les substances qui ne font pas l'objet d'analyses systématiques dans tous les sous secteurs).

- **Hierarchisation des substances d'intérêt pour chaque sous-secteur**

A partir des informations issues des données partielles du RSDE-2, une hiérarchisation des substances d'intérêt pour chaque sous-secteur a été réalisée. Ce classement repose sur l'hypothèse que les données utilisées sont suffisamment représentatives des rejets (qualitativement et quantitativement) pour donner une première image de la situation. Ce classement devra être mis à jour à la fin de la campagne RSDE-2, lorsque l'ensemble des données validées sera disponible.

Pour établir le classement, on a pris en compte (dans l'ordre des priorités décroissantes) le nombre de sites dont les rejets sont supérieurs au seuil de réduction, puis le nombre de sites dont les rejets sont supérieurs au seuil de surveillance. Dans la plupart des cas, ces deux critères ont permis de faire ressortir un classement.

En l'absence de sites présentant des rejets supérieurs aux seuils réduction ou surveillance, la part du flux du sous secteur dans le flux total du secteur des déchets a été prise en compte (sous réserve de la représentativité des analyses pour la substance considérée).

En fonction de la qualité des données; le classement a aussi pu être pondéré par le nombre de sites concernés et par l'importance de la part du flux. Le cas échéant, la position des substances dans la liste a pu être modifiée pour permettre d'identifier une problématique liée à une famille de substances (métaux ou BTEX par exemple).

Dans tous les cas, il a été convenu que la liste des substances classées avec les critères ci-dessus comprenne au minimum 10 items. Lorsque pour un sous-secteur, il y a plus de 10 substances pour lesquelles les flux d'au moins un site dépassent les seuils de surveillance ou de réduction toutes ont été conservées. Pour les sous-secteurs présentant moins de 10 substances pour lesquelles des dépassements des seuils sont mis en évidence, on a conservé une liste de 10 substances "d'intérêt", pour information, tout en matérialisant la différence de niveau d'intérêt par une interruption dans le tableau.

Le niveau d'intérêt d'une substance pour un (ou des) sous-secteur est formulé dans les fiches dédiées à chaque substance. L'ensemble des informations relatives à chaque sous-secteur est présenté dans le chapitre suivant (4.4.2).

4.3.11. Prélèvements, conservation et analyses

• Informations contenues dans la fiche substance

Les recommandations sur les conditions de prélèvement, de conditionnement et de conservation des échantillons, ainsi que les méthodes analytiques adaptées, les éventuelles interférences et les limites de quantifications sont principalement issues des documents de l'INERIS, du site AQUAREF. D'autres informations, en particulier sur la spéciation des métaux et les analyses avec des méthodes enzymatiques ou immunologiques proviennent de sites ou d'articles spécialisés. Quelques informations générales sur la spéciation des métaux et les nouvelles techniques d'analyses sont présentées ci-dessous.

• Note sur la spéciation des métaux

Usuellement, l'analyse des métaux dans des eaux naturelles ou dans des eaux usées consiste à solubiliser l'ensemble des formes chimiques présentes en présence d'acides - ou de bases - de façon à les ramener sous forme élémentaire.

La toxicité, tout comme les propriétés physico-chimiques, étant des propriétés intrinsèques caractéristiques de chaque substance, il est largement admis que la mesure de la concentration totale d'un élément ne peut pas permettre de prévoir son impact environnemental ni sa toxicité. Seules des analyses de spéciation, dont l'objectif est d'identifier et de doser les différentes formes chimiques des éléments, pourraient atteindre un tel niveau d'information.

Rappel des définitions : (Donard & Séby, 2007)

- ✓ Une **espèce chimique** est la forme spécifique d'un élément définie selon sa composition isotopique, sa structure électronique ou son état d'oxydation, sa présence sous forme de complexe et/ou sa structure moléculaire.
- ✓ L'**analyse de spéciation** est l'activité de chimie analytique qui identifie et/ou quantifie les espèces chimiques individuelles d'un élément dans un échantillon.
- ✓ La **spéciation** (d'un élément) correspond à la distribution d'un élément entre ses différentes espèces chimiques dans un échantillon

D'un point de vue environnemental, l'intérêt des analyses de spéciation peut être illustré par l'importance de l'analyse des composés organométalliques comme les composés organomercuriels (association entre le mercure métallique et une ou plusieurs molécules organiques). Trois sources principales peuvent être à l'origine de l'existence des composés organométalliques (Donard & Séby, 2007) :

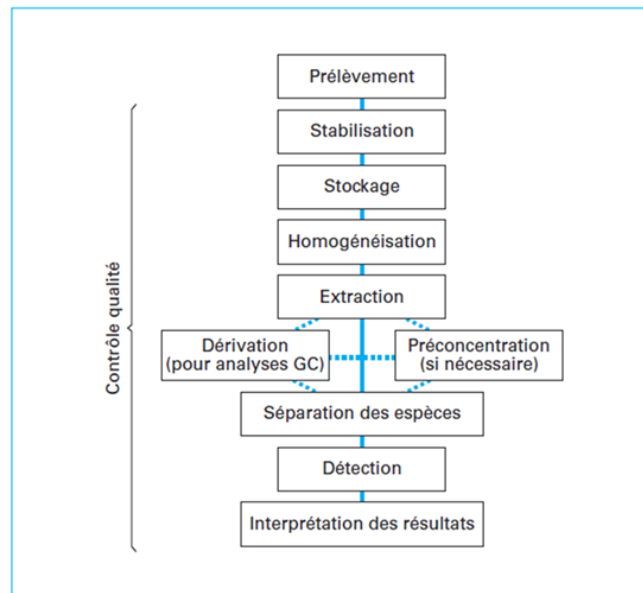
- ✓ les utilisations industrielles (fabrication de biocides, catalyseur dans l'industrie chimique ou stabilisants dans la fabrication de PVC),
- ✓ la méthylation naturelle de composés inorganiques
- ✓ la dégradation par voies physique, chimique et/ou biologique.

Les composés organométalliques du mercure (et de l'étain) sont plus toxiques que les formes inorganiques, en raison de leur grande liposolubilité qui leur permet de traverser les membranes biologiques et de se bioaccumuler à travers la chaîne alimentaire aquatique.

Echantillonnage et conditionnement

La spéciation des composés métalliques nécessite de disposer de protocoles d'échantillonnage, de conservation et de préparation d'échantillon stricts qui ne modifient pas la répartition des formes chimiques (degré d'oxydation, complexation, alkylation...). De tels protocoles ainsi que les techniques instrumentales disponibles à la date de publication (2007) sont détaillés dans un dossier de la revue "Techniques de l'Ingénieur" (Donard & Séby, 2007)¹⁹. Ces techniques sont en général basées sur l'association en ligne d'une méthode séparative (méthodes chromatographiques) et d'une détection par spectrométrie atomique (ICP-MS, AFS). Le schéma ci-dessous résume les différentes étapes.

Etapes constitutives des analyses de spéciation (Donard & Séby, 2007)



Les espèces chimiques concernées par la spéciation peuvent être classées en trois familles :

- ✓ Le premier groupe est constitué des éléments qui peuvent présenter différents états d'oxydation, par exemple le chrome ou l'arsenic, mais aussi le sélénium, l'antimoine, le fer, le manganèse, le tellure
- ✓ Le deuxième groupe est constitué des éléments dits "organométalliques" : méthyl- ou éthylmercure, butyl-, phényl- octylétain, composés alkylés du sélénium ou du plomb

Le troisième groupe comprend les sucres, protéines et autres molécules naturelles associées à des métaux (arsénobétaïne, métalloporphyrines, cisplatine, phytochélatines...). À ce jour, des *protocoles normalisés décrivant de façon précise les procédures d'échantillonnage pour les analyses de spéciation n'existent pas*. Avant de procéder au prélèvement, il est donc essentiel d'établir une stratégie qui n'induirait pas d'erreurs sur le résultat final. La nature de l'échantillon et de la substance à doser seront les paramètres à prendre en compte lors de la mise en place d'un plan d'échantillonnage. Par ailleurs, le choix du matériau constituant le container et des outils utilisés pour le prélèvement, est important, aucun ne devant contenir la substance à doser, enfin la présence de composés potentiellement interférents doit être minimisée. Si, par exemple, la spéciation du chrome est recherchée, l'acier inoxydable est à proscrire, ou encore l'utilisation de containers en PVC est à éviter car ceux-ci peuvent contenir du dibutylétain. (Donard & Séby, 2007) Le tableau ci-dessous résume les conditions de prélèvement, de conditionnement et de stockage nécessaires pour optimiser la spéciation des métaux.

¹⁹ <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/analyses-dans-l-environnement-42382210/determination-d-especes-chimiques-d-elements-speciation-dans-l-environnement-p3870/methodes-pour-l-analyse-de-speciation-p3870niv10002.html>

Tableau 4 - Conditions de stockage optimales pour les analyses de spéciation dans les échantillons d'eaux (Donard & Séby, 2007) - extraits

Espèce d'élément	Température de stockage	Luminosité	Matériel de stockage	pH	Additifs	Procédé de stabilisation	Durée de stockage
Cr(III) et Cr(VI)	5°C ou 20°C	Obscurité	verre brun	6,4	tampon	lyophilisation	des années
	20°C ou -20°C		polyéthylène	naturel	-	-	1 mois à 20°C 8 mois à -20°C
As(III) As(V) DMA et MMA	4°C	Obscurité	polyéthylène ou pyrex	2	HCl	dégazage ou remplissage à saturation	1 mois
				naturel	-		1 semaine
MeHg et Hg inorg.	4°C	Obscurité	verre ou téflon	< 2	HCl 1%	-	1 mois
Butylétains et phénylétains	4°C	Obscurité	verre ou polyéthylène	4	HCl ou HNO ₃	-	1 mois

Dérivation chimique préalable (Donard & Séby, 2007)

Pour les analyses de spéciation qui mettent en œuvre une séparation par chromatographie en phase gazeuse, il est indispensable d'insérer une dérivation avant l'analyse. Cette étape consiste à transformer les composés ioniques en composés non polaires et volatiles qui seront ensuite extraits dans un solvant apolaire. L'extraction peut être conduite séparément ou simultanément. La dérivation a également l'avantage de séparer et de concentrer les analytes de la matrice. Les méthodes de dérivation les plus souvent appliquées sont la génération d'hydrures, l'alkylation (éthylation ou propylation) ou la réaction de Grignard. C'est une étape qu'il est très important de maîtriser car elle peut être sujette à de faibles rendements ou à une dégradation des espèces chimiques qui peuvent compromettre l'analyse de spéciation.

Analyse de spéciation (Donard & Séby, 2007)

Les toutes premières analyses de spéciation ont été réalisées au moyen de *techniques électrochimiques*. En effet, les méthodes polarographiques et voltamétriques permettent de distinguer les formes libres des métaux des formes complexées. D'autre part, certaines techniques sont spécifiques d'une forme chimique. Par exemple, la voltamétrie de redissolution cathodique (Cathodic Stripping Analysis, CSV) permet la détection du sélénium uniquement s'il est au degré d'oxydation +IV. Par la mise au point de schéma de spéciation mettant en œuvre des réactions d'oxydoréduction, il est possible de doser d'autres formes séléniées comme le Se(VI) ou certains acides aminés séléniés. En plus de leur faible coût, le principal avantage des techniques voltamétriques pour les analyses de spéciation réside dans le fait qu'elles sont sensibles et permettent ainsi le dosage de très faibles concentrations. Pour cette raison, ces techniques sont encore utilisées, notamment pour l'analyse de spéciation dans les eaux naturelles. Par ailleurs, on assiste actuellement à un fort développement de *méthodes électrochimiques de terrain* afin d'éviter les problèmes liés au stockage de l'échantillon. Toutefois, leur utilisation reste confidentielle car elles sont sujettes à de nombreuses interférences qui rendent leur utilisation difficile en présence d'une matrice chargée.

De nombreuses autres techniques sont disponibles pour le dosage des formes chimiques d'un élément et la majorité d'entre elles met en œuvre une étape de séparation suivie d'une étape de détection, les deux systèmes étant la plupart du temps reliés au moyen d'une interface pour permettre une analyse en ligne. La séparation est généralement réalisée par chromatographie (chromatographie en phase liquide (High Performance Liquid Chromatography, HPLC), chromatographie en phase gazeuse (Gas chromatography, GC)) ou par électrophorèse capillaire (Capillary Electrophoresis, CE).

La détection est assurée par des techniques spectrométriques comme la spectrométrie de fluorescence atomique (Atomic Fluorescence Spectrometry, AFS), la spectrométrie d'absorption atomique (Atomic Absorption Spectrometry, AAS), la spectrométrie d'émission atomique à plasma

induit (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry, ICP-AES) ou bien la spectrométrie de masse à plasma induit (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS). L'association de la spectrométrie de fluorescence atomique avec la chromatographie en phase liquide (HPLC-AFS) est une technique sensible et précise mais qui ne peut s'appliquer qu'à certains éléments comme l'arsenic, l'antimoine, le mercure ou le sélénium. En dehors de sa grande sensibilité, son principal avantage réside dans son faible coût d'investissement et de fonctionnement.

Très souvent, afin d'abaisser les limites de détection, un système de génération d'hydrures est placé entre la pompe HPLC et le détecteur AFS. Malgré sa bonne sensibilité, la principale limitation des couplages impliquant la spectrométrie d'absorption atomique électrothermique (ET-AAS) est la difficulté de réaliser une analyse en continu, particulièrement avec une séparation par HPLC. En revanche, le couplage combinant, en ligne, une génération d'hydrures, une pré-concentration par piégeage cryogénique, une séparation par chromatographie en phase gazeuse et une détection par spectrométrie d'absorption atomique avec four en quartz (HG-CT-GC-QFAAS) a été utilisé avec succès dans les années 1980-90 pour la spéciation de plusieurs éléments comme l'étain, l'arsenic ou le sélénium. L'introduction du piégeage cryogénique et de l'étape de séparation chromatographique ont apporté à la fois la sensibilité et la capacité de spéciation nécessaires pour les applications environnementales. Les tableaux ci-dessous résument les applications de différents couplages.

Tableau 5 - Applications du couplage HPLC-ICP-MS (Donard & Séby, 2007) - extraits

Éléments	Espèces	Matrices	Domaine d'application
As	As(III), As(V) MMA, DMA AsB AsC sucres arséniés TMAs+	sédiments sols contaminés eaux tissus et fluides biologiques produits de la mer	environnement agroalimentaire hygiène industrielle biomédical
Hg	Hg ²⁺ MeHg ⁺	tissus biologiques aliments	environnement santé humaine agroalimentaire
Cr	Cr(III) Cr(VI) tripicolinate de Cr(III)	ciment sols et sédiments eaux poussières industrielles revêtements anticorrosion plastiques ...	industrie environnement hygiène industrielle cimenterie industrie automobile traitements de surface agroalimentaire
Sn	butylétains phénylétains	sédiments, tissus biologiques	environnement

Tableau 6 - Applications du couplage GC-ICP-MS (Donard & Séby, 2007) - extraits

Éléments	Espèces	Matrices	Domaine d'application
Hg	Hg ²⁺ MeHg ⁺	tissus biologiques aliments	environnement santé humaine agroalimentaire
Pb	tétraéthylplomb, tétraméthylplomb	tissus biologiques sédiments poussières urbaines	environnement
S et Hg	Composés du mercure et analogues du thiophène	Pétrochimiques (essence, gazoil, naphte, condensats de gaz, huiles brutes...)	industrie pétrochimique environnement
Sn	butylétains phénylétains octylétains	sédiments, eaux tissus biologiques plastiques	environnement emballages agroalimentaires

Les interférences (Donard & Séby, 2007)

Le principal problème rencontré lors de l'analyse d'échantillons réels (et non pas d'échantillons réalisés artificiellement) est l'identification des composés présents. La plupart du temps, les espèces chimiques sont identifiées par analogie des temps de rétention avec ceux des solutions étalons. Toutefois, des coélutions de composés sont envisageables, et seuls des mécanismes chromatographiques différents peuvent lever certaines ambiguïtés.

Conclusions sur les techniques de spéciations des métaux

Malgré les avancées de ces techniques analytiques dites "de spéciation" par rapport aux minéralisations globales, on gardera en mémoire qu'elles ne permettent, au mieux, que de différencier les niveaux d'oxydation sous lesquels se trouvent les métaux, par exemple Cr(III) - Cr(VI), As(III) - As(V), sans permettre d'identifier le ou les sels d'origine.

De nombreux travaux sont en cours pour améliorer les analyses de spéciation des métaux. Il existe en particulier un centre européen "virtuel" (EVISA - pour Centre Européen Virtuel de Spéciation Analytique)²⁰ dont l'objectif est la mutualisation des connaissances et le transfert des technologies entre la communauté scientifique spécialiste de la spéciation et les utilisateurs potentiels. Ce site n'a pas été exploité en entier.

• Notes sur les nouvelles techniques d'analyses

La dissémination de nombreux composés toxiques dans l'environnement, à l'origine d'une pollution des écosystèmes aquatiques, et les implications de la directive cadre sur l'eau DCE 2000/60/EC qui impose la connaissance et le suivi d'un nombre important de substances dites prioritaires ont conduit au développement de nouvelles méthodes d'analyses : (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010)

- des méthodes de screening à haut débit, rapides et à faible coût, capables de prévoir les effets biologiques dangereux (toxicité globale, génotoxicité ou œstrogénicité) des mélanges de polluants présents dans les eaux ;
- des méthodes d'analyse classiques basées sur la séparation chromatographique des polluants (LC/MS, LC/MS/MS, GC/MS ou ICP-MS), plus lourdes à mettre en œuvre, permettant de ré-analyser les échantillons positifs afin d'identifier les composés responsables. Un certain nombre d'entre elles sont des méthodes normalisées de laboratoire. Cependant, compte tenu des limites de détection toujours plus basses à atteindre, et de la complexité des échantillons, elles se révèlent parfois insuffisantes, nécessitent le développement de supports de séparation et de traitement de l'échantillon plus sélectifs ainsi qu'une pré-concentration des analytes.

²⁰ <http://www.speciation.net/Public/Linklists/EVISA.html>

Les techniques biologiques, telles que les bioessais, les biocapteurs ou les biosorbants peuvent répondre à ces différents besoins.

Un biocapteur est un dispositif électronique qui sert à transformer une interaction biologique en un signal électrique. Ce dispositif est basé sur l'accouplement spatial direct d'un composé biologiquement actif immobilisé, appelé "biorécepteur" ou "élément de reconnaissance biologique", avec un transducteur qui agit en tant que détecteur et un amplificateur électronique. Les transducteurs (capteurs) électrochimiques sont classés selon leur mode de transduction : potentiométrique, ampérométrique, conductimétrique ou impédimétrique. Le principe de base d'une mesure électrochimique repose sur le fait que certaines substances électroactives en solution (molécules ou ions) peuvent échanger des électrons avec une électrode, cela dans des conditions analytiques bien définies en particulier par le potentiel auquel cet échange a lieu. Les différents principes exigent toujours une conception spécifique de la cellule électrochimique. Une revue récente a été consacrée aux biocapteurs électrochimiques (principes et architectures) est détaillée dans l'article (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010).

Les biocapteurs à enzymes (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010):

Les enzymes sont des protéines ayant une fonction catalytique vis-à-vis des réactions cruciales pour la vie de la cellule. Leur site actif a une fonction de reconnaissance spécifique de la molécule qui subit la réaction, que l'on nomme substrat de l'enzyme.

Les enzymes sont classées en familles, correspondant au type de réaction catalysée. Les oxydases, les réductases et les hydrolases sont les enzymes les plus utilisées dans les biocapteurs. L'enzyme est immobilisée sur un transducteur qui permet la détection soit de la consommation d'un co-facteur entrant dans la réaction enzymatique (exemple : l'oxygène dans le cas des oxydases) ou de l'apparition d'un produit de la réaction enzymatique.

De manière générale, on associe une hydrolase à un transducteur potentiométrique ou conductimétrique ou une fibre optique permettant de détecter le changement local de pH ou de conductivité. Les enzymes réductases ou oxydases sont associées à un transducteur ampérométrique ou conductimétrique, permettant d'enregistrer les transferts électroniques. Ces transferts électroniques vers l'électrode sont favorisés par l'utilisation de médiateurs redox qui permettent d'abaisser le potentiel imposé et qui limitent les interférences avec d'autres espèces électroactives.

Tableau 7 - Exemples de biocapteurs enzymatiques pour la détection de micropolluants (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010) - extraits

Polluant	Type d'enzyme	Transducteur	Limite de détection
Bisphénol A	Tyrosinase	Ampérométrique (électrode BDD)	1 µM
		(nanotubes de carbone)	0,02 µM
17β-estadiol	Tyrosinase	Ampérométrique	10 µM
Catéchol	Tyrosinase	Ampérométrique	0,09 µM
Pesticides organophosphorés	Organophosphorus hydrolase	Potentiométrique	1 µM
		Ampérométrique	0,1 µM
		Fibre optique	1 µM

Les biocapteurs immunologiques (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010)

Les anticorps ou immunoglobulines (Ig) sont les protéines du système immunitaire. Elles se forment généralement en réponse à l'agression d'un organisme par un toxique, une protéine étrangère ou une bactérie qui constitue l'antigène de cet anticorps. Il existe des anticorps polyclonaux et des anticorps monoclonaux. Les anticorps polyclonaux sont constitués de protéines dirigées contre le même antigène mais peuvent cibler des sites différents (épitopes), alors que les anticorps monoclonaux sont dirigés contre un seul et même épitope de l'antigène.

Les principales méthodes utilisées dans les immunocapteurs sont :

- soit des méthodes de détection directe de la formation du complexe antigène-anticorps (mesure de la modification des propriétés électriques par spectroscopie d'impédance électrochimique, mesure de la modification des propriétés optiques par résonance plasmonique de surface) ;
- soit des méthodes par marquage de l'antigène fixé par un anticorps marqué par une enzyme conduisant, soit à des produits colorés ou fluorescents (transducteur optique), soit à des produits électroactifs (transducteur électrochimique).

Tableau 8 - Exemples de biocapteurs immunologiques pour la détection de micropolluants (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010) - extraits

Polluant	Mode de détection	Transducteur	Limite de détection
Pesticides (propanil, atrazine, isoproturon)	Marquage	TIRF	0,01-0,02 µg/L
Chlorpyrifos	Marquage	SPR	54-64 ng/L
DDT et produits dérivés	Marquage	SPR	15 ng/L
Atrazine	Direct	EIS	10 µg/L
Bisphénol A	Direct	SPR	0,4 µg/L
	Marquage	TIRF	0,008 µg/L
Nonylphénols	Direct	Ampérométrie	10 µg/L

Les biocapteurs à récepteurs œstrogéniques (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010)

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui entraînent des dérèglements hormonaux et des anomalies du système endocrinien, voire du système nerveux. Certains agissent sur la synthèse des hormones endogènes ou de leurs récepteurs. D'autres possèdent une structure voisine des œstrogènes et se lient à leurs récepteurs, conduisant à l'inactivation ou à un fonctionnement anormal de ces derniers.

Un grand nombre de molécules possèdent de tels effets, comme les hormones de synthèse ou des substances chimiques comme les phtalates, les surfactants, *les PCB*, *les alkylphénols*, les parabènes, *les HAP*, *les dioxines* et *certaines pesticides*. À ce jour, 320 substances prioritaires susceptibles de perturber le système endocrinien ont été répertoriées par l'Union européenne. Certaines d'entre elles (*nonylphénol*, di-2-éthylhexylphtalate et les *éthers diphenyl-polybromés*) ont été incluses dans la liste des substances prioritaires de la Directive-cadre sur l'eau. Une revue récente a été consacrée à l'utilisation des biocapteurs pour le suivi environnemental des perturbateurs endocriniens. Les biocapteurs de toxicité exploitent les capacités de fixation de ces substances sur des récepteurs œstrogéniques immobilisés à la surface d'un transducteur. Le récepteur œstrogénique d'origine humaine est le plus souvent utilisé. Différents modes de transduction comme la fluorescence, la voltamétrie cyclique, la SPR, la mobilité électrophorétique, ont été proposés.

Des systèmes portables, essentiellement basés sur une détection par SPR ont par ailleurs été développés. Récemment, un biocapteur comportant des nanotubes de carbones fonctionnalisés avec le récepteur œstrogénique humain de type α et utilisant un transistor à effet de champ comme transducteur a été proposé. Le temps de réponse est extrêmement rapide (2 min).

Conclusion sur les biocapteurs (Lagarde & Jaffrezic-Renault, 2010)

Dans le domaine des biocapteurs, d'importants efforts restent encore à réaliser pour l'obtention d'outils sélectifs, robustes, rapides et sensibles utilisables sur le terrain. Les limitations des systèmes proposés proviennent pour une part de l'élément biologique. Les développements en cours concernent l'amélioration de leur sensibilité, leur sélectivité et leur stabilité par ingénierie génétique. Les progrès récents réalisés dans ce domaine laissent ainsi entrevoir la possibilité de construire des batteries de micro-organismes ou d'enzymes qui seront disposés sur une même plateforme pour une détection simultanée multi-polluants. En parallèle, le développement de nouveaux récepteurs biomimétiques tels que les polymères à empreinte moléculaire (MIP) ou les aptamères (peptides synthétiques) est en pleine expansion pour pallier la fragilité des biorécepteurs naturels.

4.4 - Contribution des sous secteurs aux flux de substances du secteur 3

4.4.1. Contribution des sous-secteurs aux émissions des substances

Les données ci-dessous sont présentées conformément aux éléments développés dans le paragraphe 4.3.10.

Les tableaux ci-dessous sont extraits d'une base de données élaborée par l'Agence de l'Eau à partir de fichiers validés par l'INERIS (RMC, 2011). Les données qui nous ont été fournies ont été rendues anonymes en supprimant des tableaux les références des industries.

De cette base de données, nous avons supprimé les analyses des eaux pluviales, des eaux amont qui ne pouvaient pas être comptabilisées en tant qu'eaux de rejet.

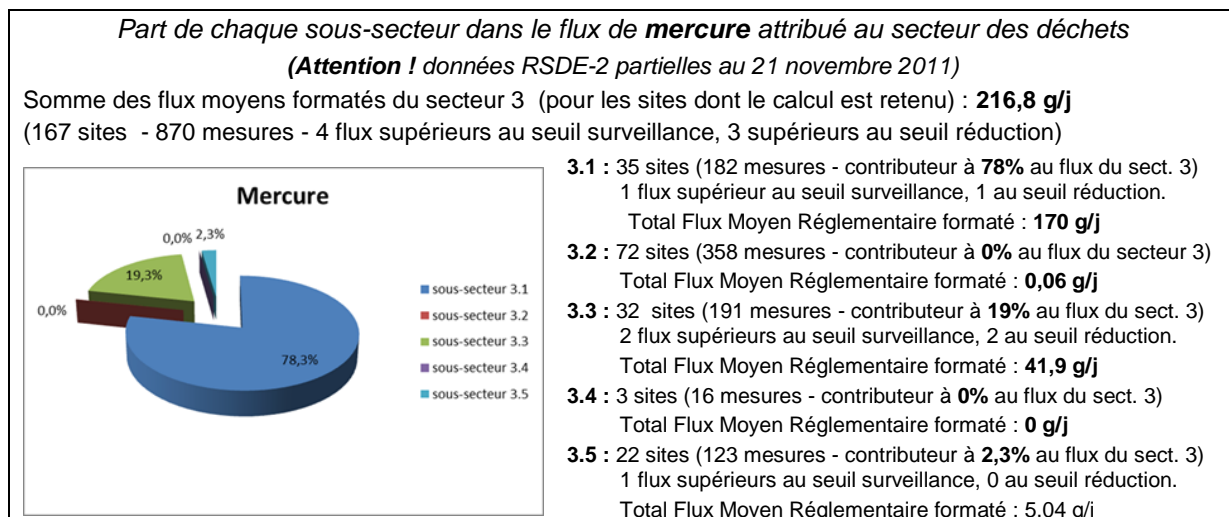
Les données ont été récupérées en tant que telles, sans modification.

La contribution de chaque sous-secteur aux flux du secteur 3 est estimée à partir des sommes, calculées par nos soins, de chacun des flux unitaires du tableau.

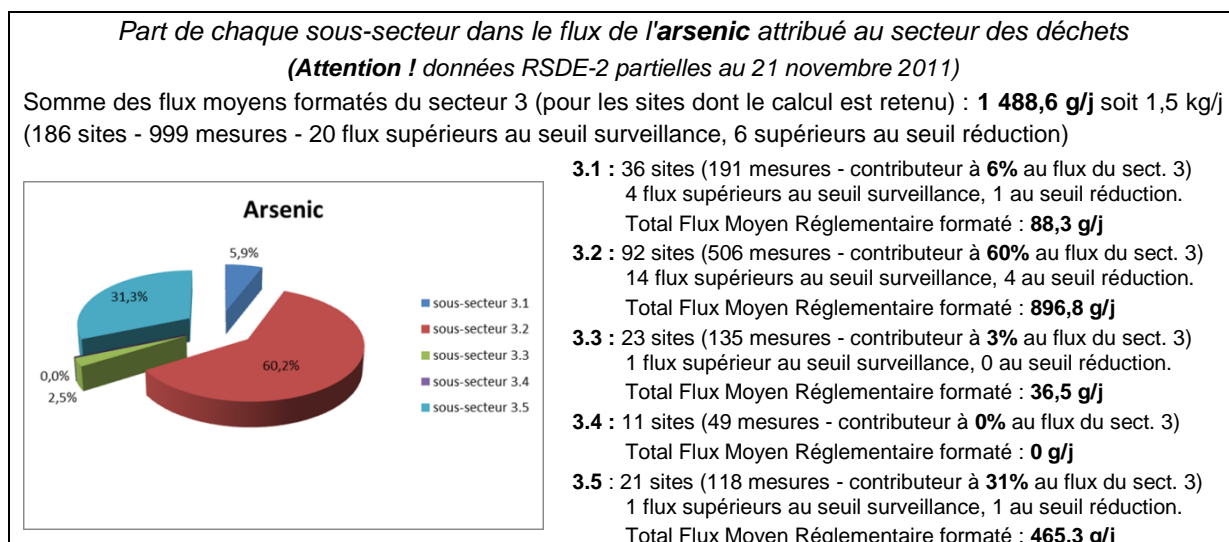
Les substances qui n'ont pas été dosées dans la campagne RDSE-2 ne font pas l'objet de ces tableaux.

• **Données sur les métaux***

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.



Note : le mercure ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de mercure de l'ensemble de ce sous-secteur.



Note : l'arsenic ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'arsenic de l'ensemble de ces sous-secteurs.

* 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

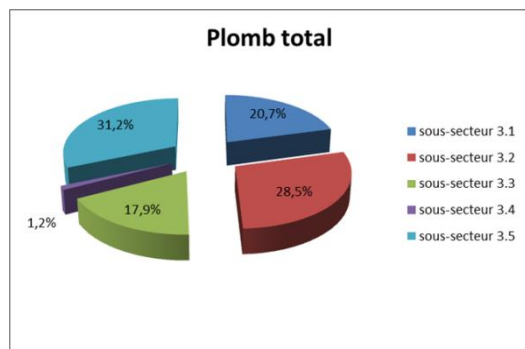
3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **plomb** attribué au secteur des déchets

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formaté du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **6 714,3 g/j**, soit 6,7 kg/j (179 sites - 934 mesures - 12 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 supérieurs au seuil réduction)



3.1 : 37 sites (192 mesures - contributeur à **20,7%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **266,5 g/j**

3.2 : 73 sites (372 mesures - contributeur à **28,5%** au flux du sect. 3)
3 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **367,2 g/j**

3.3 : 32 sites (191 mesures - contributeur à **17,9%** au flux du sect. 3)
5 flux supérieurs au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **230,5 g/j**

3.4 : 13 sites (61 mesures - contributeur à **1,2%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **15,18 g/j**

3.5 : 21 sites (118 mesures - contributeur à **31,2%** au flux du sect. 3)
2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.

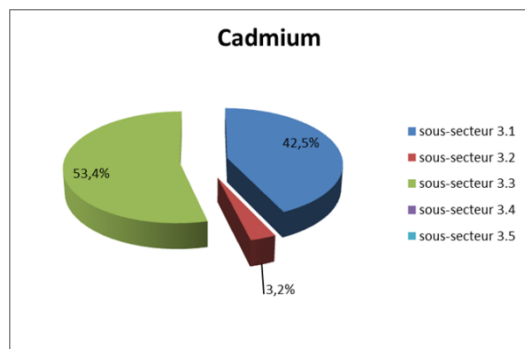
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **402,5 g/j**

Note : le plomb ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de plomb de ce sous-secteur.

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **cadmium** attribué au secteur des déchets

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **88,73 g/j** (114 sites - 611 mesures - 11 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction)



3.1 : 37 sites (192 mesures - contributeur à **42,5%** au flux du sect. 3)
5 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **37,7 g/j**

3.2 : 13 sites (72 mesures - contributeur à **3,2%** au flux du secteur 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,8 g/j**

3.3 : 32 sites (192 mesures - contributeur à **53,4%** au flux du sect. 3)
5 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **47,4 g/j**

3.4 : 13 sites (61 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

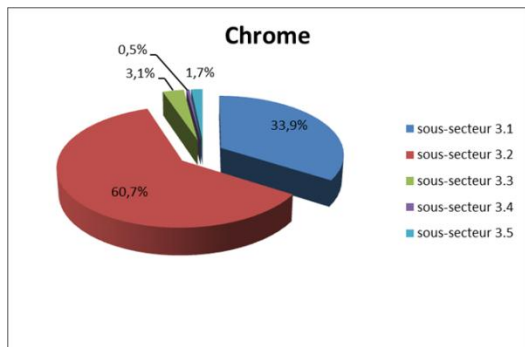
3.5 : 16 sites (94 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : le cadmium ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de cadmium de l'ensemble de ce sous-secteur.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **chrome** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **1 844,4 g/j** soit 1,8 kg/j (202 sites - 1 084 mesures - 8 flux supérieurs au seuil surveillance, 6 supérieurs au seuil réduction)

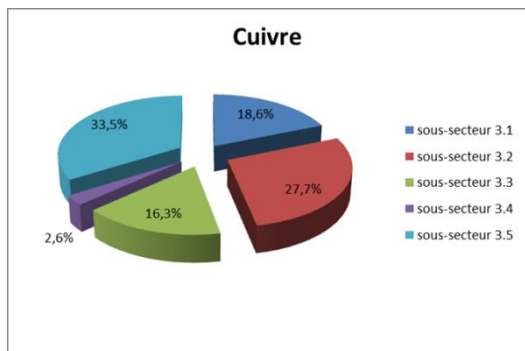


- 3.1** : 37 sites (191 mesures - contributeur à **33,9%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **625,3 g/j**
- 3.2** : 95 sites (513 mesures - contributeur à **60,7%** au flux du sect. 3)
6 flux supérieurs au seuil surveillance, 5 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1 120,1 g/j**
- 3.3** : 32 sites (192 mesures - contributeur à **3,1%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **57,5g/j**
- 3.4** : 13 sites (61 mesures - contributeur à **0,5%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **8,4 g/j**
- 3.5** : 22 sites (127 mesures - contributeur à **1,7%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **30,5 g/j**

Note : le chrome fait partie des substances analysées systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **cuivre** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **1 557,0 g/j** soit 1,6 kg/j (179 sites - 945 mesures - 5 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 supérieurs au seuil réduction)

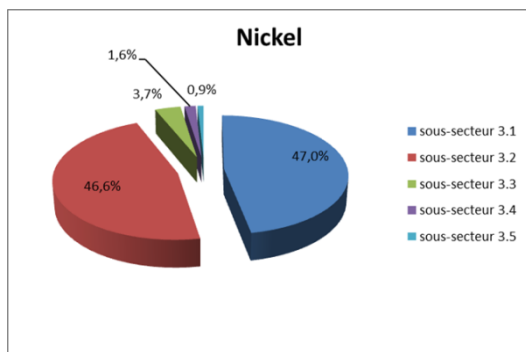


- 3.1** : 37 sites (191 mesures - contributeur à **18,6%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **289,5 g/j**
- 3.2** : 73 sites (381 mesures - contributeur à **27,7%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **431,8 g/j**
- 3.3** : 32 sites (192 mesures - contributeur à **16,3%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **253,9 g/j**
- 3.4** : 13 sites (61 mesures- contributeur à **2,6%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **41,2 g/j**
- 3.5** : 21 sites (120 mesures - contributeur à **33,5%** au flux du sect. 3)
2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **521,2 g/j**

Note : le cuivre ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de cuivre de l'ensemble de ce sous-secteur.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **nickel** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **1 956 g/j** soit 1,96 kg/j (201 sites - 1 079 mesures - 25 flux supérieurs au seuil surveillance, 10 supérieurs au seuil réduction)

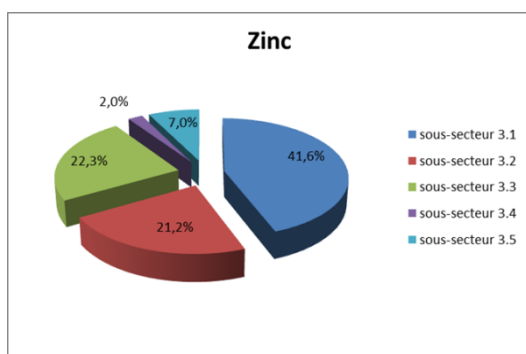


- 3.1** : 37 sites (191 mesures - contributeur à **47%** au flux du sect. 3)
11 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **918,4 g/j**
- 3.2** : 93 sites (503 mesures - contributeur à **46,6%** au flux du sect. 3)
11 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **910,8 g/j**
- 3.3** : 32 sites (191 mesures - contributeur à **3,7%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **73,2 g/j**
- 3.4** : 13 sites (59 mesures - contributeur à **1,6%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **31,7 g/j**
- 3.5** : 23 sites (135 mesures - contributeur à **0,9%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **17 g/j**

Note : le nickel fait partie des substances analysées systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **zinc** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **6 714,3 g/j** soit 6,7 kg/j (202 sites - 1 086 mesures - 9 flux supérieurs au seuil surveillance, 14 supérieurs au seuil réduction)



- 3.1** : 37 sites (192 mesures - contributeur à **41,6%** au flux du sect. 3)
3 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2 790 g/j**
- 3.2** : 94 sites (511 mesures - contributeur à **21,2%** au flux du sect. 3)
4 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1 424,6 g/j**
- 3.3** : 32 sites (188 mesures - contributeur à **22,3%** au flux du sect. 3)
2 flux supérieurs au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1 495,8 g/j**
- 3.4** : 13 sites (61 mesures - contributeur à **2,0%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **135,6 g/j**
- 3.5** : 23 sites (134 mesures - contributeur à **7%** au flux du sect. 3)
3 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **472,0 g/j**

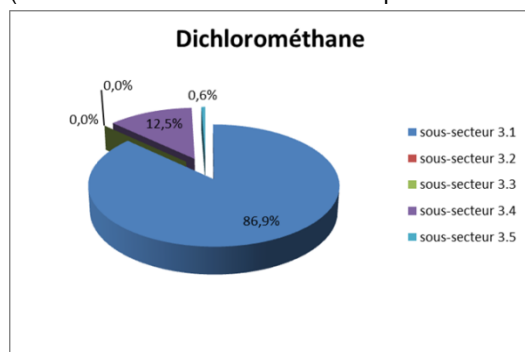
Note : le zinc fait partie des substances analysées systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5.

• **Données sur les solvants***

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **dichlorométhane** attribué au secteur des déchets
(**Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011**)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **368,1 g/j**
(60 sites - 312 mesures - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction)

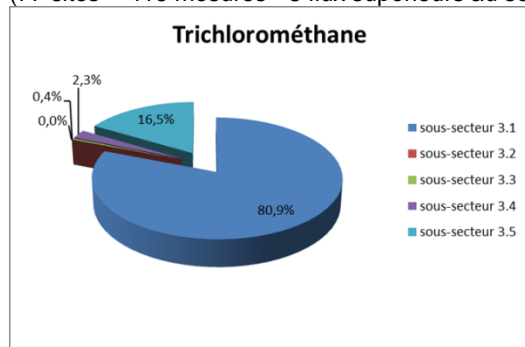


- 3.1 :** 32 sites (176 mesures - contributeur à **86,9%** au flux du sect. 3)
3 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **319,9 g/j**
- 3.2 :** 5 sites (23 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3 :** 2 sites (15 mesures - contributeur à **0%** au flux du sect. 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4 :** 12 sites (59 mesures - contributeur à **12,5%** au flux du secteur 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **46 g/j**
- 3.5 :** 7 sites (39 mesures - contributeur à **0,6%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,19 g/j**

Note : le dichlorométhane est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs **3.1 et 3.4**. Les analyses ne sont pas prévues dans les rejets des sous-secteurs 3.2, 3.3, et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de dichlorométhane de l'ensemble de ces sous-secteurs.

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **trichlorométhane** attribué au secteur des déchets
(**Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011**)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **1 120,1 g/j** soit 1,1 kg/j
(77 sites - 416 mesures - 3 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction)



- 3.1 :** 29 sites (153 mesures - contributeur à **81%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **905,7 g/j**
- 3.2 :** 7 sites (34 mesures - contributeur à **0%** au flux du sect. 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3 :** 17 sites (106 mesures - contributeur à **0,4%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **4,1 g/j**
- 3.4 :** 12 sites (59 mesures - contributeur à **2,3%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **25,3 g/j**
- 3.5 :** 11 sites (64 mesures - contributeur à **16,5%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **185,0 g/j**

Note : le trichlorométhane (chloroforme) est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur **3.4**. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de chloroforme de l'ensemble des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.3, et 3.5. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives.

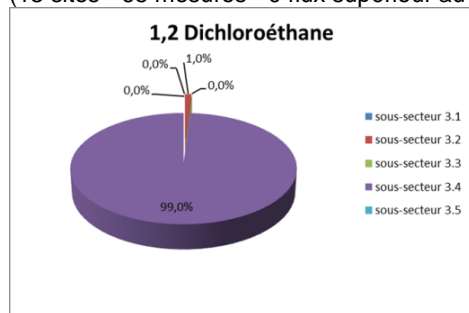
* 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **1,2-dichloroéthane** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **9,59 g/j**
(13 sites - 65 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction)

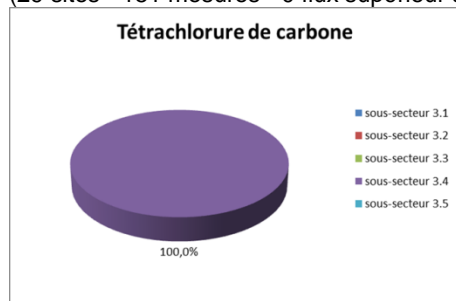


- 3.1** : 0 site
- 3.2** : 3 site (13 mesures - contributeur à **1%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils surveillance
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,10 g/j**
- 3.3** : 1 site (9 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 9 sites (43 mesures - contributeur à **99%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **9,5 g/j**
- 3.5** : 0 site

Note : le **1,2-dichloroéthane** n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du **secteur 3**. Son analyse est préconisée au cas par cas uniquement dans le sous-secteur 3.4. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **tétrachlorure de carbone** attribué au secteur déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,03 g/j**
(29 sites - 151 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

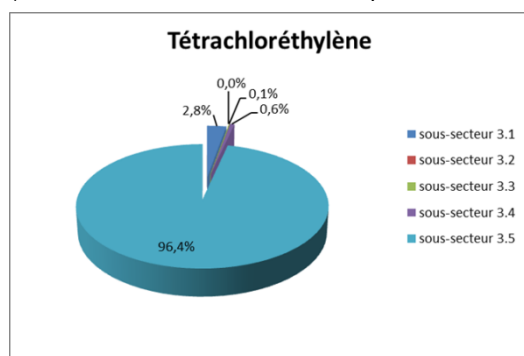


- 3.1** : 5 sites (27 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.2** : 6 sites (28 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3** : 1 site (9 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 10 sites (47 mesures - contributeur à **100%** au flux du sect. 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,03 g/j**
- 3.5** : 7 sites (40 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : le **tétrachlorure de carbone** n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du **secteur 3**. Son analyse est préconisée au cas par cas uniquement dans les sous-secteurs 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus, liées à quelques situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **tétrachloroéthylène** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **189,8 g/j**
(86 sites - 458 mesures - 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction)²¹

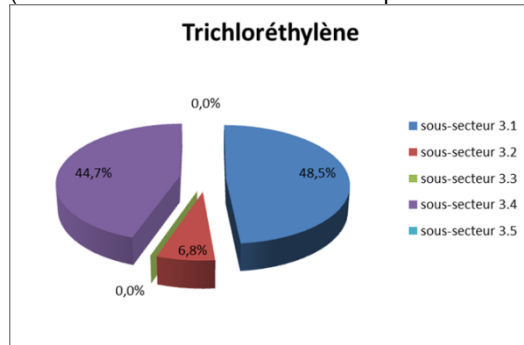


- 3.1** : 35 sites (188 mesures - contributeur à **2,8%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **5,4 g/j**
- 3.2** : 8 sites (37 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3** : 17 sites (104 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,16 g/j**
- 3.4** : 12 sites (59 mesures - contributeur à **0,6%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,22 g/j**
- 3.5** : 12 sites (70 mesures - contributeur à **96,4%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **183,1g/j**

Note : le tétrachloroéthylène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les sous-secteurs 3.1 et 3.4. Les données ci-dessus ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous secteurs 3.1 et 3.4 au flux global du secteur 3. Il est donc possible que l'importance, constatée ici, de la contribution du sous-secteur 3.5 au flux global du secteur 3, soit uniquement le reflet de situations particulières.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **trichloroéthylène** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **1,6 g/j**
(151 sites - 767 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1** : 35 sites (186 mesures - contributeur à **48,5%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,79 g/j**
- 3.2** : 70 sites (334 mesures - contributeur à **6,8%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,11 g/j**
- 3.3** : 17 sites (104 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 12 sites (59 mesures - contributeur à **44,7%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,73 g/j**
- 3.5** : 15 sites (84 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : le trichloroéthylène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.4. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les autres sous-secteurs. Les données ci-dessus ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous secteurs 3.2, 3.3 et 3.5 au flux global du secteur 3.

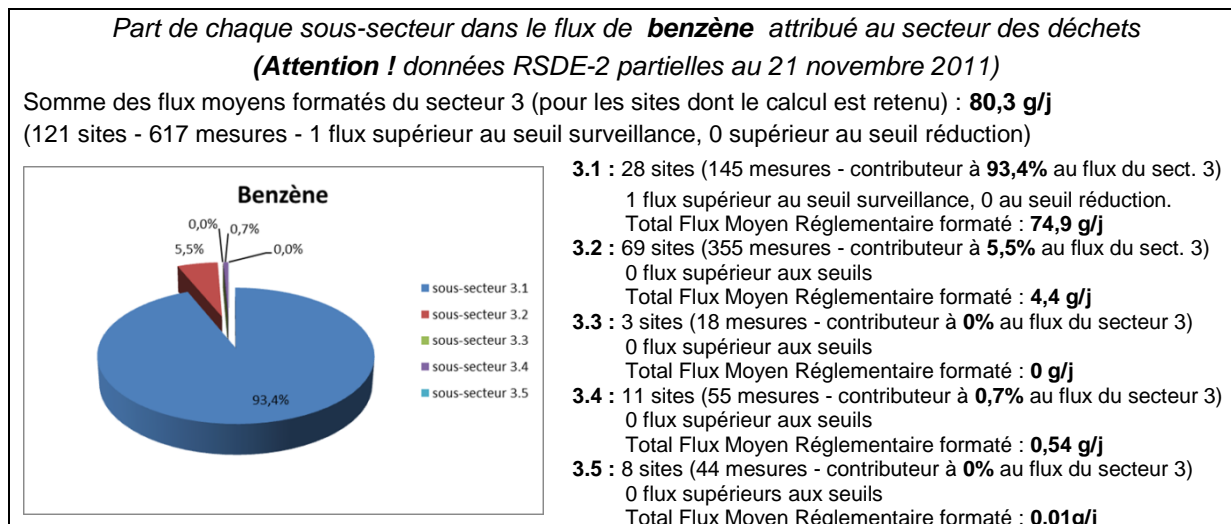
3.2 Installations de stockage DND

3.5 Autres sites de traitement DND

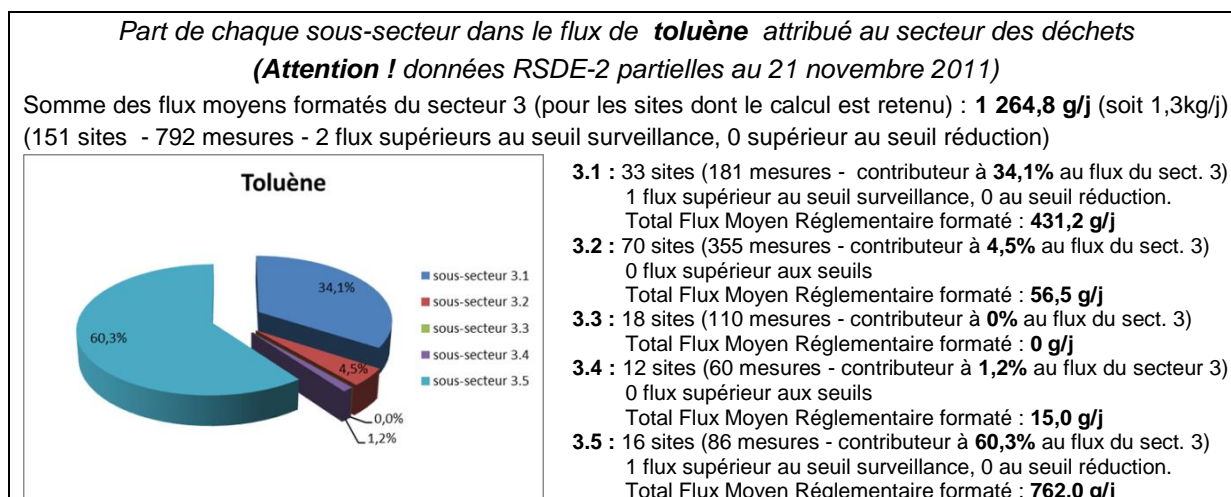
²¹ Dans le tableau d'origine des données fournies, on constate une différence entre le nombre total annoncé de sites présentant des flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction pour le secteur 3 (respectivement 3 et 2), et les totaux de chaque sous secteurs (respectivement 2 et 1)

• **Données sur les BTEX***

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.



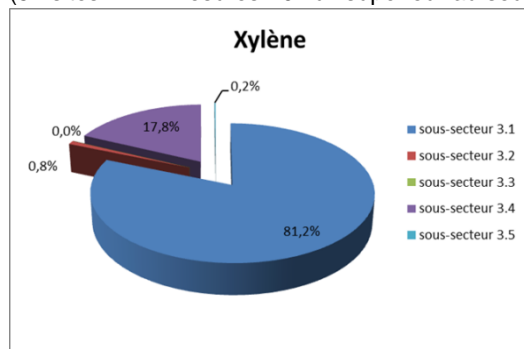
Note : le benzène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de benzène de l'ensemble des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.3, et 3.5. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux du secteur 3 (93%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur.



Note : le toluène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.4. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les autres sous-secteurs. Les données ci-dessus ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous secteurs 3.2, 3.3 et 3.5 au flux global du secteur 3.

Part de chaque sous-secteur dans le flux de *xylène* attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **292,1 g/j**
 (52 sites - 274 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



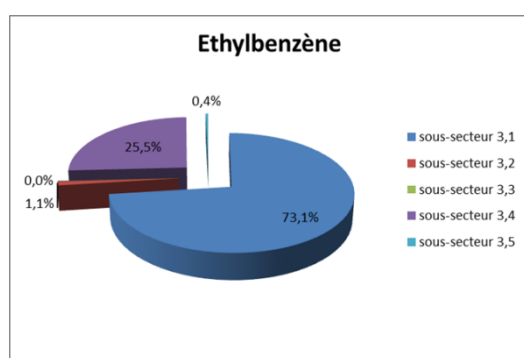
- 3.1** : 25 sites (133 mesures - contributeur à **81,2%** au flux du sect. 3)
 0 flux supérieur aux seuils.
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **237,2 g/j**
- 3.2** : 7 sites (33 mesures - contributeur à **0,8%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,5 g/j**
- 3.3** : 3 sites (18 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 9 sites (48 mesures - contributeur à **17,8%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **52 g/j**
- 3.5** : 7 sites (42 mesures - contributeur à **0,2%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,45 g/j**

Note : le xylène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur **3.4**, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de xylène de l'ensemble des sous-secteurs.

Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux de xylène du secteur 3 (81%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur, mais plutôt comme le reflet de situations particulières.

Part de chaque sous-secteur dans le flux d'*éthylbenzène* attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **78,8 g/j**
 (58 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1** : 27 sites (148 mesures - contributeur à **73,1%** au flux du sect. 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **57,6 g/j**
- 3.2** : 8 sites (35 mesures - contributeur à **1,1%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,87 g/j**
- 3.3** : 2 sites (12 mesures - contributeur à **0%** au flux du sect. 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 11 sites (57 mesures - contributeur à **25,5%** au flux du sect. 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **20,1 g/j**
- 3.5** : 9 sites (52 mesures - contributeur à **0,4%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,3 g/j**

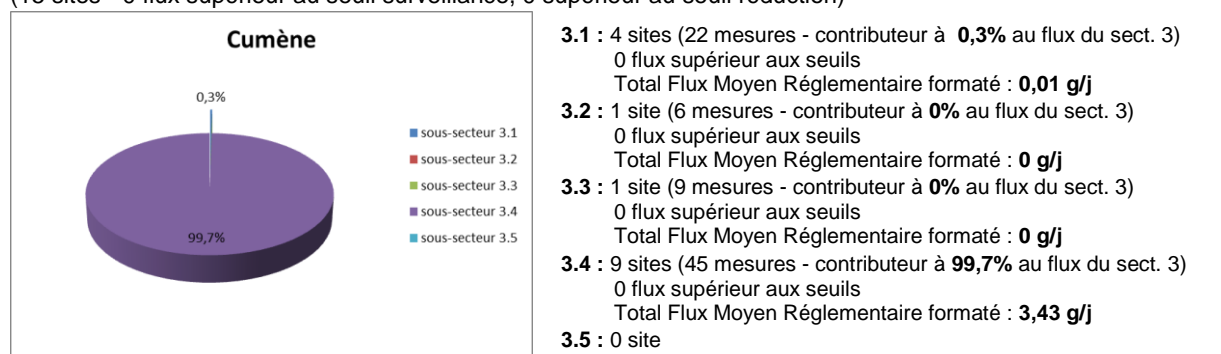
Note : l'éthylbenzène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur **3.4**, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'éthylbenzène de l'ensemble des sous-secteurs.

Les contributions respectives des flux de chaque sous-secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux d'éthylbenzène du secteur 3 (73%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur, mais plutôt comme le reflet de situations particulières.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux d'isopropylbenzène attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **3,44 g/j**

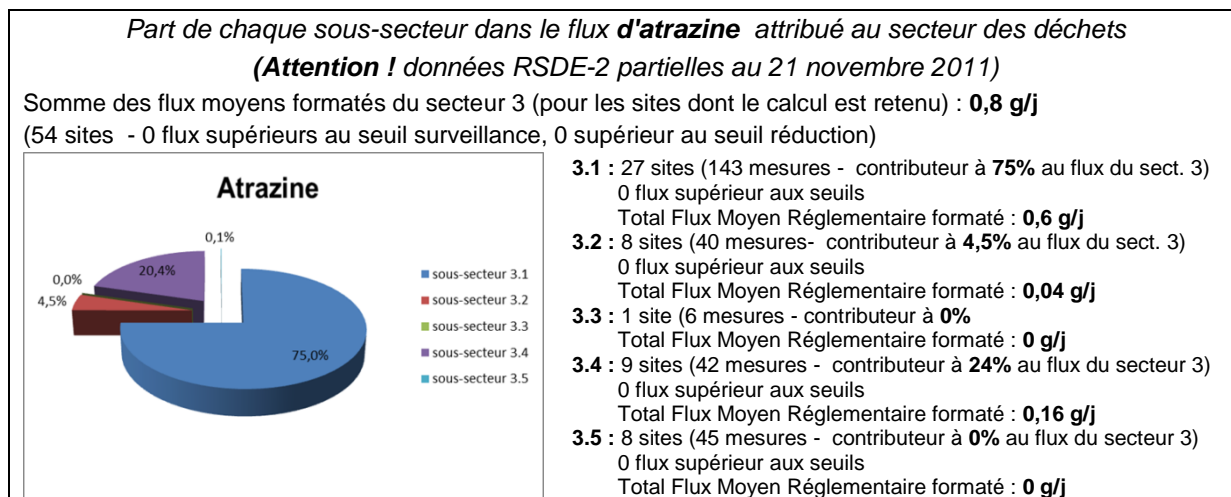
(15 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



Note : l'isopropylbenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.4. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux d'isopropylbenzène de l'ensemble du secteur 3.

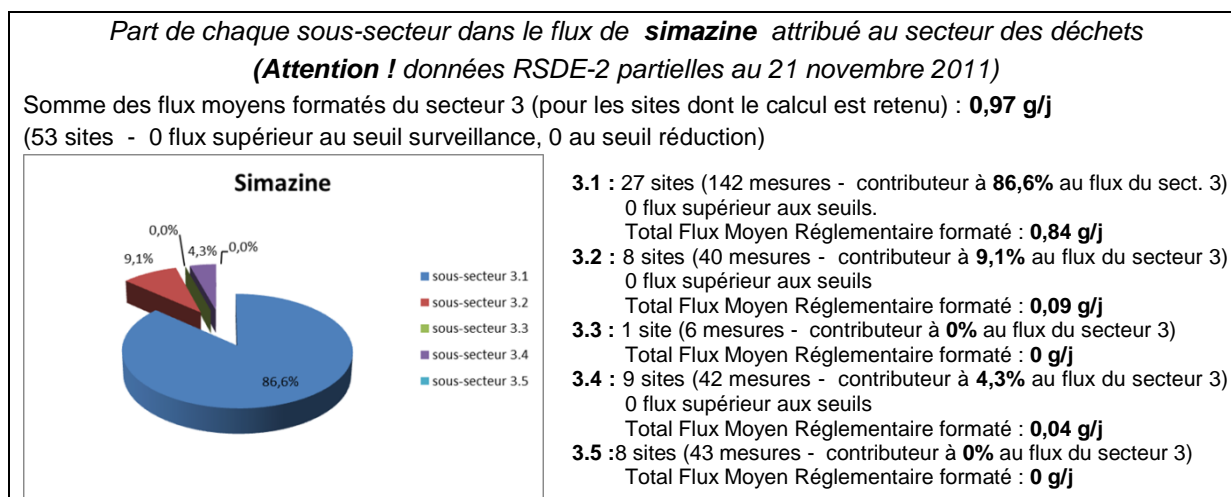
• **Données sur les pesticides**

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.



Note : l'atrazine n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'atrazine de l'ensemble des sous-secteurs.

Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux d'atrazine du secteur 3 (75%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur, mais plutôt comme le reflet de situations particulières.



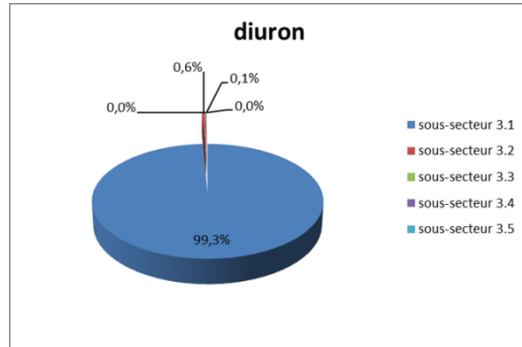
Note : la simazine n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'atrazine de l'ensemble des sous-secteurs.

Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux de simazine du secteur 3 (86%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur, mais plutôt comme le reflet de situations particulières.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **diuron** attribué au secteur des déchets*

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **57 g/j**
(123 sites - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction)



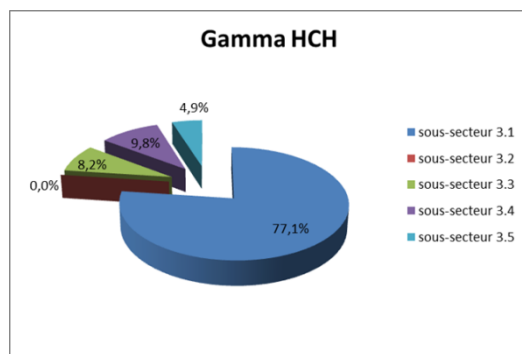
- 3.1** : 32 sites (170 mesures - contributeur à **99,3%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **56,6 g/j**
- 3.2** : 65 sites (327 mesures - contributeur à **0,6%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,3 g/j**
- 3.3** : 1 site (6 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 9 sites (42 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**
- 3.5** : 13 sites (67 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,02g/j**

Note : le diuron est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.1, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de diuron de l'ensemble des sous-secteurs, et à tout le moins limite la représentativité de sa contribution aux flux du secteur 3 (99,3%).

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **lindane (γ HCH)** attribué au secteur des déchets*

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,14 g/j**
(88 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

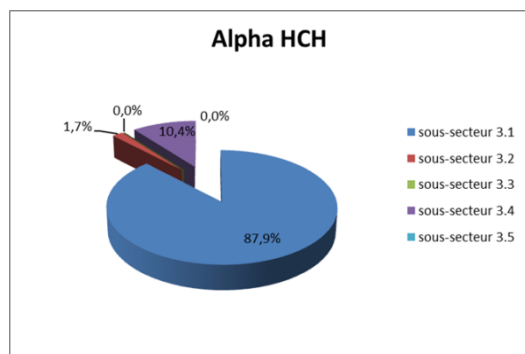


- 3.1** : 33 sites (176 mesures - contributeur à **77,1%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,11 g/j**
- 3.2** : 16 sites (77 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3** : 17 sites (103 mesures - contributeur à **8,2%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- 3.4** : 9 sites (36 mesures - contributeur à **9,8%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- 3.5** : 11 sites (63 mesures - contributeur à **4,9%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**

Note : le lindane (γ-HCH) est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.1, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.3, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de lindane de l'ensemble des sous-secteurs.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux d' α -hexachlorocyclohexane attribué au secteur déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,12 g/j**
(121 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

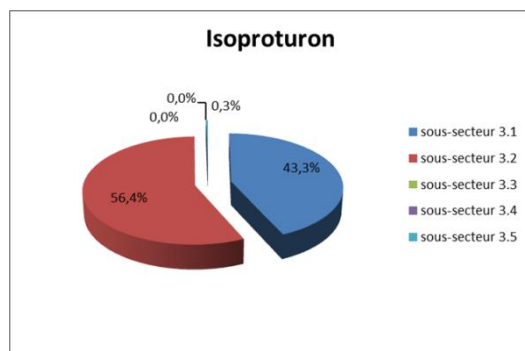


- 3.1** : 32 sites (173 mesures - contributeur à **87,9%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,1 g/j**
- 3.2** : 68 sites (334 mesures - contributeur à **1,7%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3** : 2 sites (12 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 3 sites (14 mesures - contributeur à **10,4%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- 3.5** : 14 sites (75 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : l' α -HCH est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.1, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.2 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'alpha hexachlorocyclohexane de l'ensemble des sous-secteurs.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux d'isoproturon attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **10,4 g/j**
(107 sites - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1** : 24 sites (124 mesures - contributeur à **43,3%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **4,49 g/j**
- 3.2** : 68 sites (346 mesures - contributeur à **56,4%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **5,85 g/j**
- 3.3** : 1 site (3 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 2 sites (8 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.5** : 11 sites (53 mesures - contributeur à **0,3%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,03 g/j**

Note : l'isoproturon n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'isoproturon de l'ensemble des sous-secteurs.

• **Données sur les chlorobenzènes***

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **chlorobenzène** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

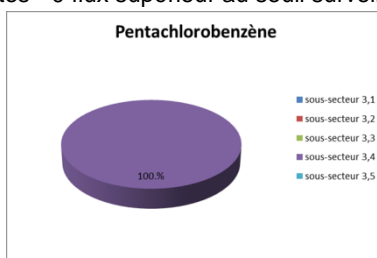
Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
(12 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

- 3.1 : 0 site
- 3.2 : 2 sites (7 mesures)
- 3.3 : 1 site (9 mesures)
- 3.4 : 9 sites (43 mesures)
- 3.5 : 0 site

Note : le chlorobenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.4. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux de chlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **pentachlorobenzène** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,01 g/j**
(11 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1 : 1 site (1 mesure - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.2 : 1 site (1 mesure - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3 : 1 site (2 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4 : 8 sites (33 mesures - contributeur à **100%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- 3.5 : 0 site

Note : le pentachlorobenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux de pentachlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux d'**hexachlorobenzène** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
(28 sites - 0 flux supérieurs au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

- 3.1 : 6 sites (21 mesures)
- 3.2 : 3 sites (18 mesures)
- 3.3 : 16 sites (97 mesures)
- 3.4 : 1 site (4 mesures)
- 3.5 : 2 sites (12 mesures)

Note : l'hexachlorobenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux de chlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

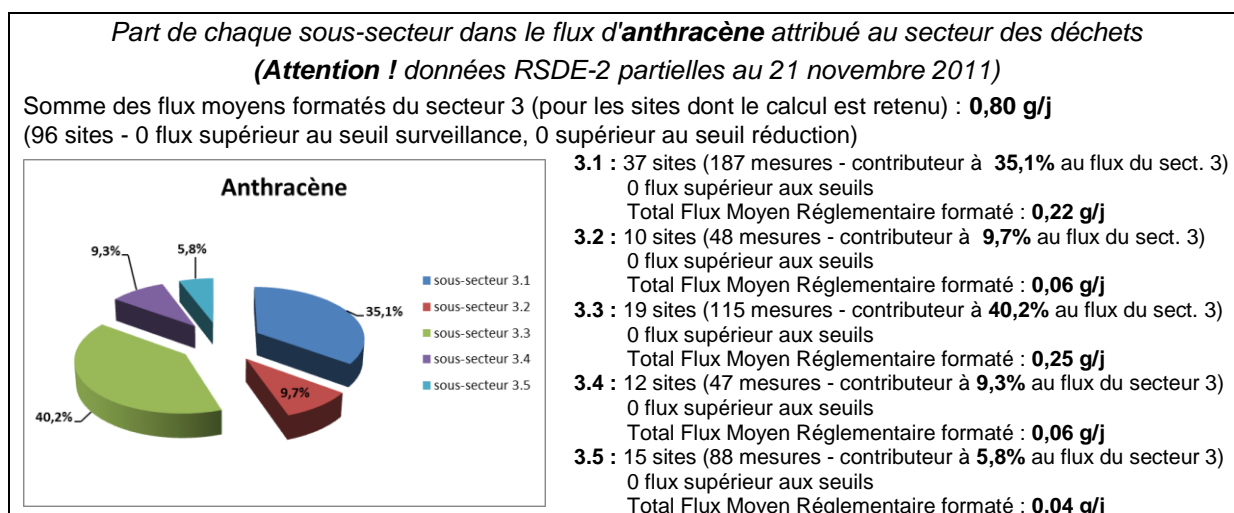
* 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

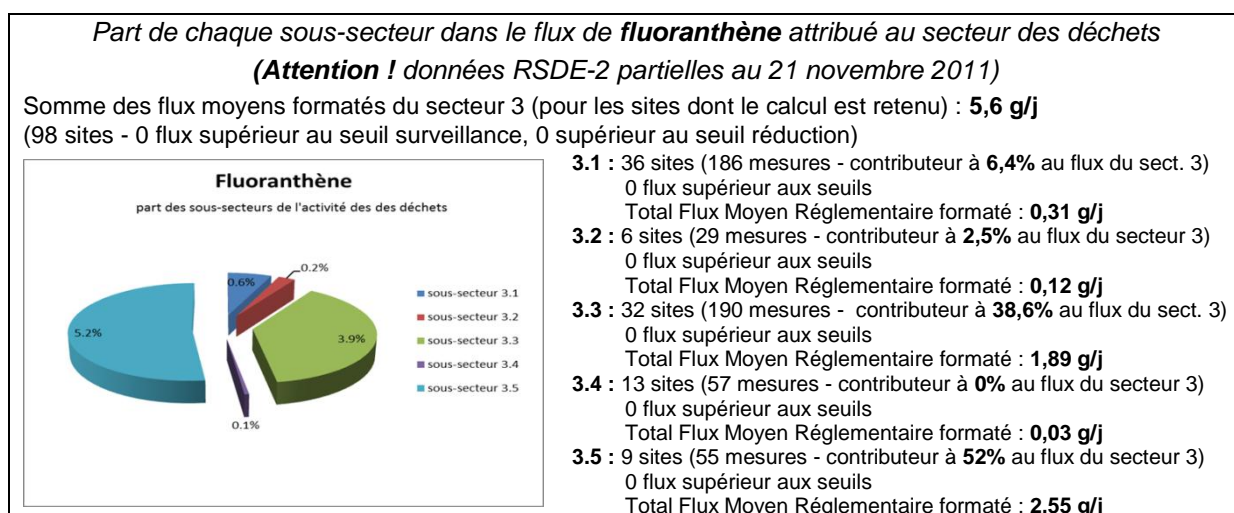
3.3 UIOM

• **Données sur les HAP**

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.



Note : l'anthracène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5, et au cas par cas dans les rejets du sous-secteur 3.3. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'anthracène de l'ensemble des sous-secteurs.

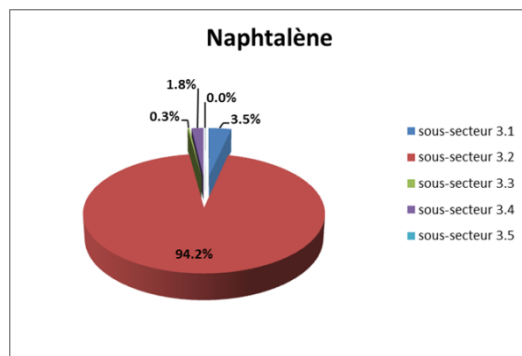


Note : le fluoranthène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.3 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de fluoranthène de l'ensemble des sous-secteurs.

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **naphtalène** attribué au secteur des déchets

(**Attention !** données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **348,4 g/j**
(198 sites - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction)



3.1 : 35 sites (182 mesures - contributeur à **3,5%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **12,2 g/j**

3.2 : 96 sites (514 mesures - contributeur à **94,2%** au flux du sect. 3)
4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **328,2 g/j**

3.3 : 33 sites (189 mesures - contributeur à **0,3%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,1 g/j**

3.4 : 12 sites (53 mesures - contributeur à **1,8%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **6,4 g/j**

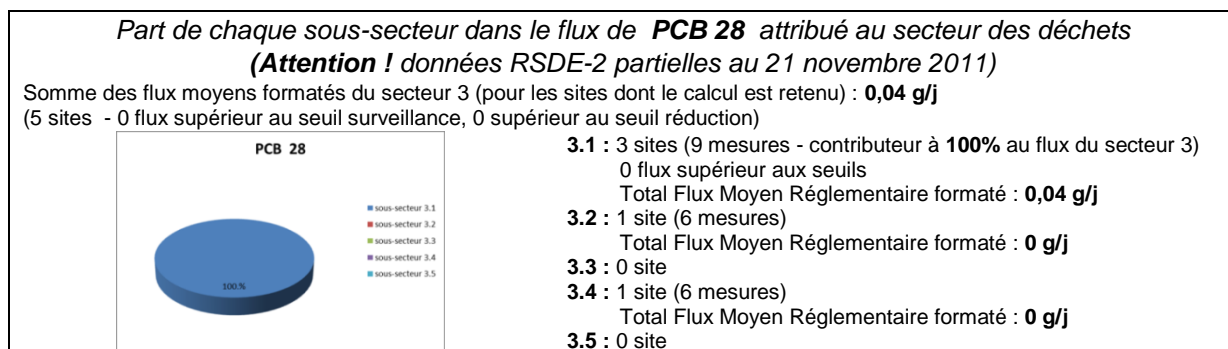
3.5 : 19 sites (109 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,1g/j**

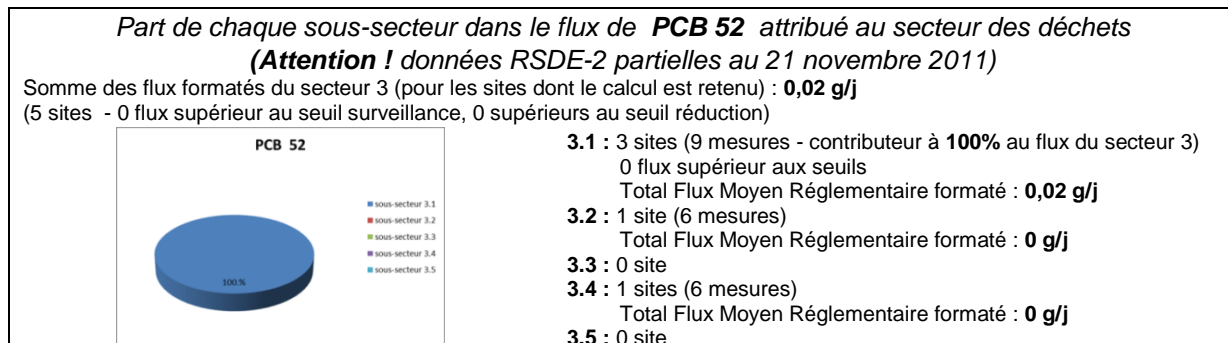
Note : le naphtalène fait partie des substances analysées systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5. Les données ci-dessus peuvent donc être considérées comme représentatives.

• **Données sur les PCB***

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.



Note : le **PCB 28** n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.



Note : le **PCB 52** n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

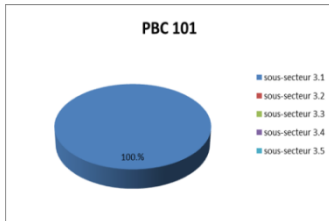
* 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **PCB 101** attribué au secteur des déchets*
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,01 g/j**
(6 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1** : 3 sites (9 mesures - contributeur à **100%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- 3.2** : 1 site (6 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3** : 0 site
- 3.4** : 1 site (6 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.5** : 1 sites (5 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j

Note : le PCB 101 n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **PCB 118** attribué au secteur des déchets*
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
(4 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

- 3.1** : 2 sites (4 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
- 3.2** : 1 site (6 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
- 3.3** : 0 site
- 3.4** : 1 site (6 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
- 3.5** : 0 site

Note : le PCB 118 n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **PCB 138** attribué au secteur des déchets*
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
(4 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

- 3.1** : 2 sites (4 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
- 3.2** : 1 site (6 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
- 3.3** : 0 site
- 3.4** : 1 site (6 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0, g/j
- 3.5** : 0 site

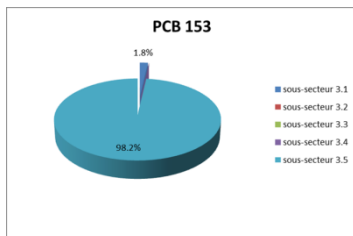
Note : le PCB 138 n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **PCB 153** attribué au secteur des déchets*

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,03 g/j**

(17 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



3.1 : 5 sites (22 mesures - contributeur à **1,8%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,0005 g/j**

3.2 : 4 sites (20 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

3.3 : 0 site

3.4 : 1 site (6 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3)

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

3.5 : 7 sites (40 mesures - contributeur à **98,2%** au flux du secteur 3)

0 flux supérieur aux seuils

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,03 g/j**

Note : le **PCB 153** n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.5. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **PCB 180** attribué au secteur des déchets*

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**

(4 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

3.1 : 2 sites (4 mesures)

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j

3.2 : 1 site (6 mesures)

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j

3.3 : 0 site

3.4 : 1 site (6 mesures)

Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0, g/j

3.5 : 0 site

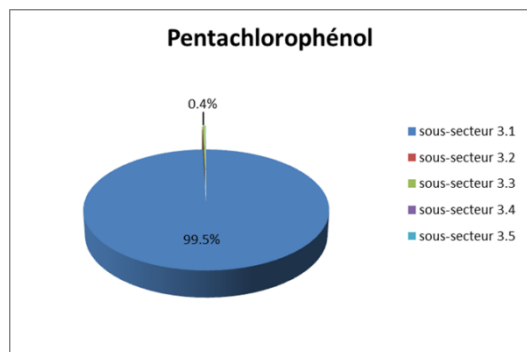
Note : le **PCB 180** n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

• **Données sur les chlorophénols***

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **pentachlorophénol** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **512,94 g/j**
(158 sites - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction)

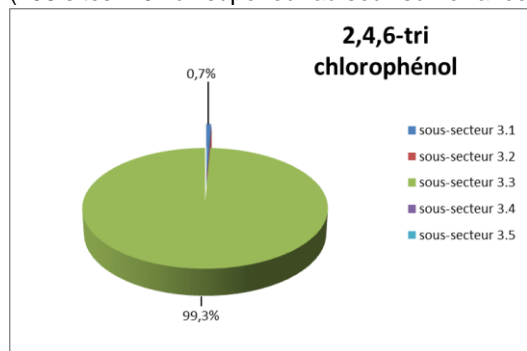


- 3.1 :** 28 sites (142 mesures - contributeur à **99,5%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **510,6 g/j**
- 3.2 :** 70 sites (352 mesures - contributeur à **0,02%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,08 g/j**
- 3.3 :** 32 sites (184 mesures - contributeur à **0,39%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,98 g/j**
- 3.4 :** 10 sites (46 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- 3.5 :** 16 sites (86 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,24 g/j**

Note : le pentachlorophénol est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de pentachlorophénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **2,4,6-trichlorophénol** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **5,34 g/j**
(158 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1 :** 2 sites (8 mesures - contributeur à **0,7%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**
- 3.2 :** 5 sites (21 mesures - contributeur à **0%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3 :** 17 sites (103 mesures - contributeur à **99,3%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **5,3 g/j**
- 3.4 :** 0 site
- 3.5 :** 2 sites (12 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : le 2,4,6-trichlorophénol n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de 2,4,6-trichlorophénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

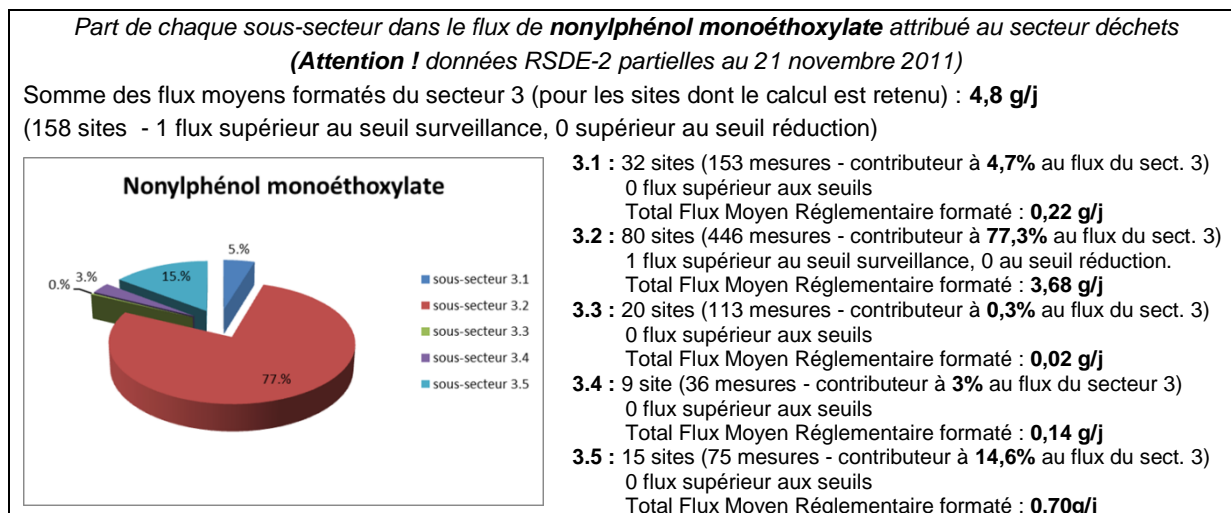
* 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

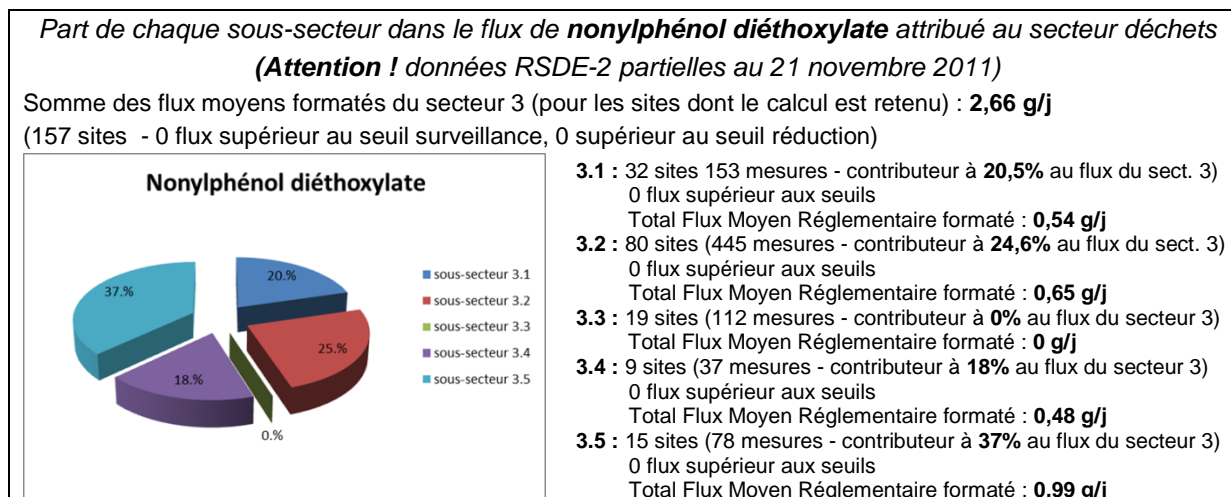
3.3 UIOM

• **Données sur les octyl- et nonylphénols**

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.



Note : le nonylphénol monoéthoxylate n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation²² n'identifie pas ce composé individuellement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénol monoéthoxylate de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3. La présence d'un flux supérieur au seuil de surveillance peut cependant être prise en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

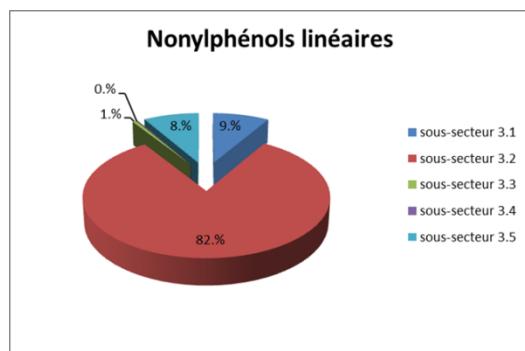


Note : le nonylphénol diéthoxylate n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ce composé individuellement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénol diéthoxylate de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

²² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **nonylphénols linéaires** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **429,7 g/j**
(164 sites - 10 flux supérieurs au seuil surveillance, 6 supérieurs au seuil réduction)



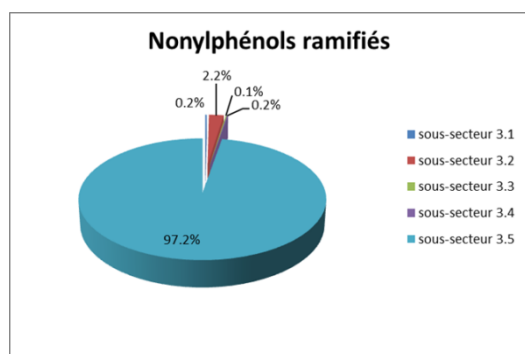
- 3.1** : 31 sites (157 mesures - contributeur à **8,5%** au flux du sect. 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **36,4 g/j**
- 3.2** : 79 sites (411 mesures - contributeur à **82,3%** au flux du sect. 3)
7 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **353,5 g/j**
- 3.3** : 23 sites (131 mesures - contributeur à **0,6%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,6 g/j**
- 3.4** : 9 sites (37 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,60 g/j**
- 3.5** : 20 sites (101 mesures - contributeur à **8,4%** au flux du sect. 3)
2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **36 g/j**

Note : les nonylphénols linéaires ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ces composés spécifiquement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénols linéaires de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

La présence de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans plusieurs sous-secteurs peut cependant être prise en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **nonylphénols ramifiés** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **94,7 g/j**
(41 sites - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction)



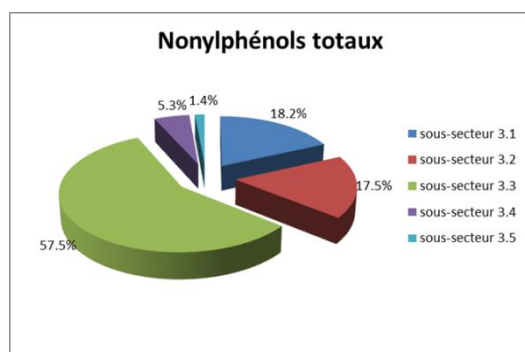
- 3.1** : 6 sites (30 mesures - contributeur à **0,2%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,22 g/j**
- 3.2** : 21 sites (93 mesures - contributeur à **2,2%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,12 g/j**
- 3.3** : 6 sites (31 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,13 g/j**
- 3.4** : 2 sites (9 mesures - contributeur à **0,2%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,17 g/j**
- 3.5** : 6 sites (36 mesures - contributeur à **97,2%** au flux du secteur 3)
1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **92 g/j**

Note : les nonylphénols ramifiés ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ces composés spécifiquement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénols linéaires de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

La présence de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans le sous-secteur 3.5 peut cependant être prise en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **nonylphénols totaux** attribué au secteur des déchets*
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **8,5 g/j**
 (66 sites - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

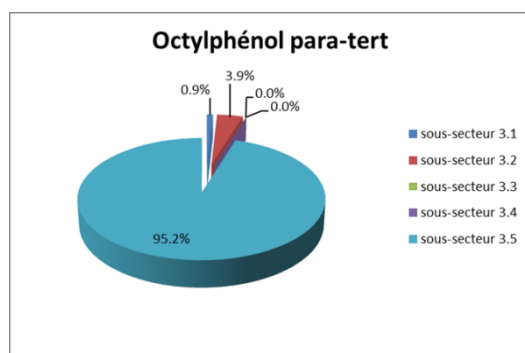


- 3.1** : 9 sites (39 mesures - contributeur à **18,2%** au flux du sect. 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,55 g/j**
- 3.2** : 31 sites (135 mesures - contributeur à **17,5%** au flux du sect. 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,5 g/j**
- 3.3** : 17 sites (78 mesures - contributeur à **57,5%** au flux du sect. 3)
 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction.
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **4,9 g/j**
- 3.4** : 3 sites (9 mesures - contributeur à **5,3%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,45 g/j**
- 3.5** : 5 sites (17 mesures - contributeur à **1,4%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,12 g/j**

Note : les nonylphénols totaux sont analysés de façon systématique dans les rejets des sous-secteurs **3.1, 3.2, 3.3 et 3.5**, et seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.3 d'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation²³. On remarquera cependant que le nombre de sites concernés est très faible par rapport au nombre total de sites du secteur 3 pour lesquels les données sont disponibles (209 sites). Les données ci-dessus ne semblent donc pas représentatives des flux de nonylphénols totaux pour l'ensemble des sous-secteurs.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **para-tert-octylphénol** attribué au secteur des déchets*
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **32,7 g/j**
 (52 sites - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction)



- 3.1** : 8 sites (39 mesures - contributeur à **0,9%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,30 g/j**
- 3.2** : 35 sites (154 mesures - contributeur à **3,9%** au flux du sect. 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,3 g/j**
- 3.3** : 3 sites (15 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 2 sites (8 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
 0 flux supérieur aux seuils
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.5** : 4 sites (24 mesures - contributeur à **95,2%** au flux du secteur 3)
 1 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction.
 Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **31,13g/j**

Note : le para-tert-octylphénol n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ce composé spécifiquement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de para-tert-octylphénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

La présence de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans le sous-secteur 3.5 peut cependant être prise en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

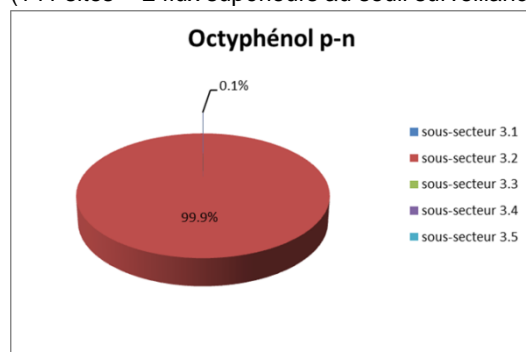
²³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **p-n octylphénol** attribué au secteur des déchets

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **168,4 g/j**

(141 sites - 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction)



- 3.1** : 29 sites (153 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,10 g/j**
- 3.2** : 87 sites (462 mesures - contributeur à **99,9%** au flux du sect. 3)
2 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 au seuil réduction.
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **168,25 g/j**
- 3.3** : 5 sites (27 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 14 sites (16 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,05 g/j**
- 3.5** : 14 sites (69 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01g/j**

Note : le p-n-octylphénol n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3.

L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ce composé spécifiquement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de p-n-octylphénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

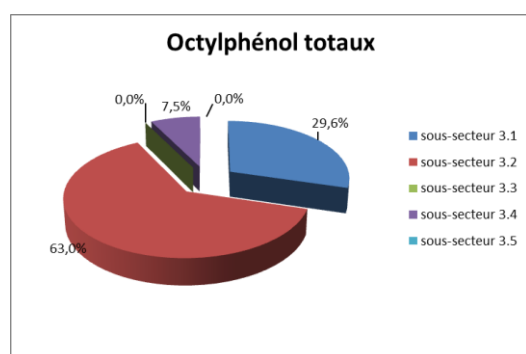
La présence de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans le sous-secteur 3.2 peut cependant être prise en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

Part de chaque sous-secteur dans le flux d'**octylphénols totaux** attribué au secteur des déchets

(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,14 g/j**

(33 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



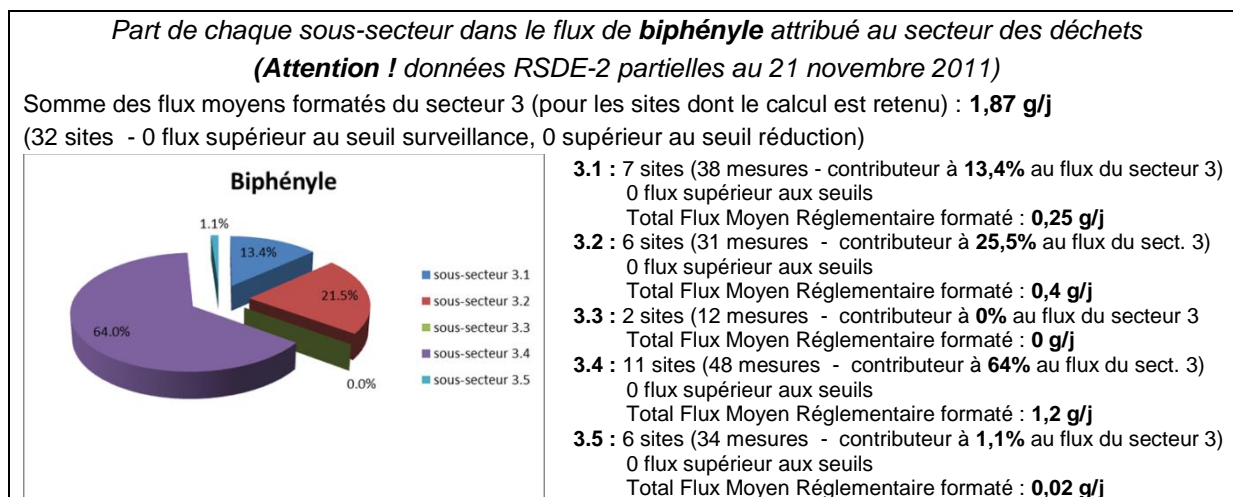
- 3.1** : 6 sites (26 mesures) - contributeur à **29,6%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**
- 3.2** : 16 sites (69 mesures - contributeur à **63%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,09 g/j**
- 3.3** : 6 sites (28 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4** : 2 sites (8 mesures - contributeur à **7,5%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- 3.5** : 2 sites (4 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : les octylphénols totaux sont analysés de façon systématique uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.2, et seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5 d'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation²⁴. On remarquera cependant que le nombre de sites concernés est très faible par rapport au nombre total de sites du secteur 3 pour lesquels les données sont disponibles (209 sites). Les données ci-dessus ne semblent donc pas représentatives des flux d'octylphénols totaux pour l'ensemble des sous-secteurs.

²⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

- **Données sur les biphényles**

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.



Note : le biphényle est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.4, et seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.5 d'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation²⁵. On remarquera cependant que le nombre de sites du sous-secteur 3.2 est très faible par rapport au nombre de sites de ce sous-secteur ayant fourni des données pour le nickel et le zinc (respectivement 93 et 94 sites). Les données ci-dessus ne semblent donc pas représentatives des flux de biphényle pour l'ensemble du secteur 3, et en particulier pour le sous-secteur 3.2.

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.4 Lavage de citernes

3.3 UIOM

3.2 Installations de stockage DND

3.5 Autres sites de traitement DND

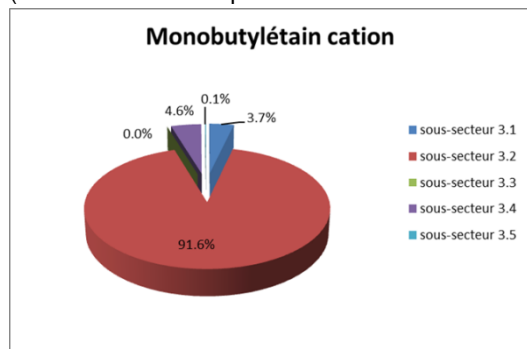
²⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

• **Données sur les butylétain cations et tributylphosphate**

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **monobutylétain cation** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **3,27 g/j**
(122 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

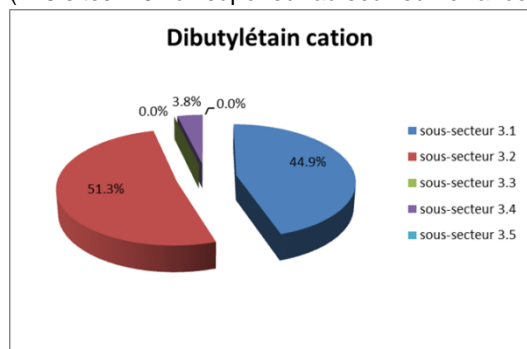


- 3.1 :** 28 sites (147 mesures - contributeur à **3,7%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,11 g/j**
- 3.2 :** 69 sites (347 mesures- contributeur à **91,6%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,84 g/j**
- 3.3 :** 1 sites (3 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4 :** 10 sites (40 mesures - contributeur à **4,6%** au flux du secteur 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,14 g/j**
- 3.5 :** 13 sites (63 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : le monobutylétain cation n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de monobutylétain cation de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **dibutylétain cation** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **1,45 g/j**
(115 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1 :** 26 sites (136 mesures - contributeur à **44%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,66 g/j**
- 3.2 :** 65 sites (320 mesures - contributeur à **51,3%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,75 g/j**
- 3.3 :** 2 sites (9 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.4 :** 10 sites (41 mesures - contributeur à **3,8%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,06 g/j**
- 3.5 :** 11 sites (57 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : le dibutylétain cation n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de dibutylétain cation de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

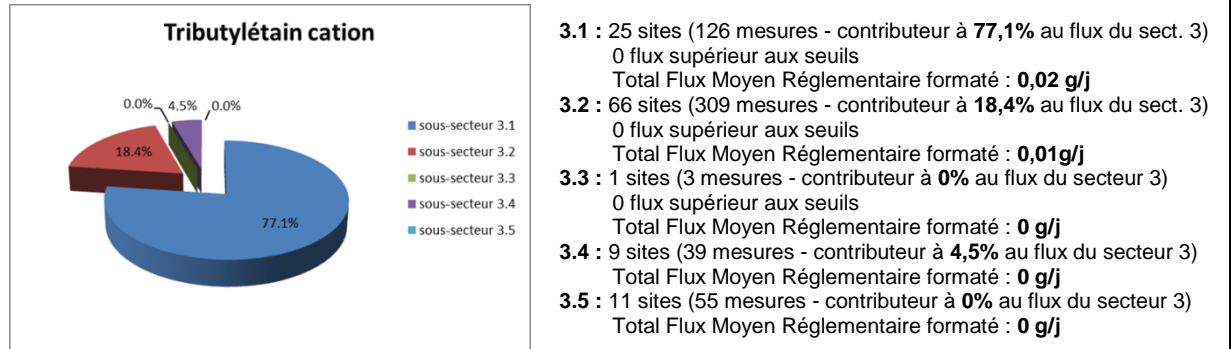
3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **tributylétain cation** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

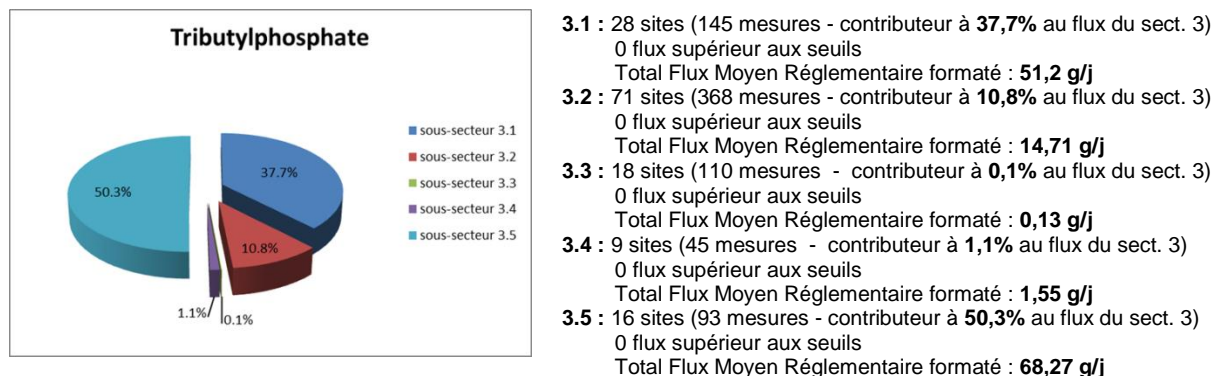
Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,03 g/j**
(113 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



Note : le tributylétain cation n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de tributylétain cation de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **tributylphosphate** attribué au secteur des déchets
(Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **135,86 g/j**
(144 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



Note : le tributylphosphate est analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.5, et uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de tributylphosphate de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3. Dans le même sens, on remarquera que le nombre de sites du sous-secteur 3.5 concernés par ces données (16 sites) est significativement inférieur au nombre de sites concernés par exemple par les flux de zinc ou de nickel (23 sites).

- **Données sur les polybromodiphényléthers**

Note : Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) des établissements d'un sous-secteur donné.

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **tétrabromodiphényléthers** attribué au secteur déchets
PBDE-47 (**Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011**)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
 (12 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

3.1 : 7 sites (21 mesures)	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.2 : 1 site (5 mesures)	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.3 : 0 site	
3.4 : 3 sites (7 mesures)	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.5 : 1 site (4 mesures)	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j

Part de chaque sous-secteur dans le flux de **pentabromodiphényléthers** attribué au secteur déchets
PBDE-99 (**Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011**)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
 (13 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

PBDE-99	PBDE-100
3.1 : 8 sites (26 mesures)	3.1 : 9 sites (30 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.2 : 1 site (5 mesures)	3.2 : 2 sites (11 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.3 : 0 site	3.3 : 0 site
3.4 : 3 sites (7 mesures)	3.4 : 3 sites (7 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.5 : 1 site (4 mesures)	3.5 : 1 site (4 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j

Part de chaque sous-secteur dans le flux d'**hexabromodiphényléther** attribué au secteur des déchets
PBDE 153 et 154 (**Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011**)

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
 (12 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

PBDE-153	PBDE-154
3.1 : 7 sites (21 mesures)	3.1 : 7 sites (21 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.2 : 1 site (5 mesures)	3.2 : 1 site (5 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.3 : 0 site	3.3 : 0 site
3.4 : 3 sites (7 mesures)	3.4 : 3 sites (7 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j
3.5 : 1 site (4 mesures)	3.5 : 1 site (4 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j	Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

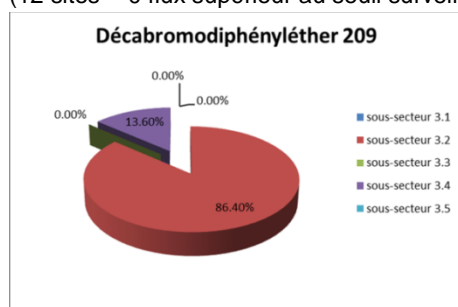
*Part de chaque sous-secteur dans le flux d'**heptabromodiphényléther** attribué au secteur déchets
PBDE-183 (Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0 g/j**
(12 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

- 3.1** : 7 sites (17 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.2** : 1 site (5 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.3** : 0 site
- 3.4** : 3 sites (7 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.5** : 1 site (4 mesures)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

*Part de chaque sous-secteur dans le flux de **décabromodiphényléther** attribué au secteur déchets
PBDE-209 (Attention ! données RSDE-2 partielles au 21 novembre 2011)*

Somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : **0,04 g/j**
(12 sites - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)



- 3.1** : 7 sites (21 mesures - contributeur à **0%** au flux du sect. 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- 3.2** : 1 site (5 mesures - contributeur à **86,4%** au flux du sect. 3)
0 flux supérieur aux seuils
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,031 g/j**
- 3.3** : 0 site
- 3.4** : 3 sites (7 mesures - contributeur à **13,6%** au flux du sect. 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,0048 g/j**
- 3.5** : 1 site (4 mesures - contributeur à **0%** au flux du sect. 3)
Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Note : d'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation²⁶, **les diphényléthers polybromés (47, 99, 100, 153, 154, 183, 189) ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3**, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.4 et 3.5. Le nombre de sites concernés par ces mesures est trop faible pour être représentatif des contributions respectives des flux de PBDE de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

²⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

4.4.2. Identification de substances d'intérêt pour chaque sous-secteur

Les tableaux ci-dessous présentent les données ayant permis d'établir un classement des substances par ordre de priorité, en étendant les informations de façon à inclure toutes les substances concernées par des actions de surveillance ou de réduction et représentant une part significative dans le flux total du secteur des déchets. - voir plus haut le détail de ce classement.

La liste des substances d'intérêt pour un sous-secteur donné prend en compte toutes les substances pour lesquelles au moins 1 flux est supérieur au seuil de surveillance.

En l'absence de flux supérieurs aux seuils, la liste proposée comporte au minimum les 10 substances en tête de classement.

Des précisions sont apportées lorsqu'une substance apparaît dans le classement des dix premières substances bien qu'elle ne soit pas analysée systématiquement dans les rejets du sous secteur (annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale RSDE présentes dans les rejets des ICPE soumises à autorisation)²⁷.

- **Sous-secteur 3.1 du regroupement, traitement, pré-traitement des déchets dangereux**

Tableau 9 - Classement des substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.1 (d'après les données partielles du RSDE-2 - au 21 novembre 2011)

Sous-secteur 3.1 Regroupement, prétraitement ou traitement des déchets dangereux		nb. de sites mesurés	nb rejets > surveillance	nb rejets > réduction	flux moyen régl. formaté	Part du flux du sous-secteur 3.1 dans le flux du secteur 3
métaux et composés	nickel & composés	37	11	4	918 g/j	47% du flux du secteur 3
	zinc & composés	37	3	2	2 790 g/j	42% du flux du secteur 3
	cadmium & composés	37	5	1	38 g/j	43% du flux du secteur 3
	arsenic & composés	36	4	1	88 g/j	6% du flux du secteur 3
solvants chlorés	dichlorométhane	32	3	1	320 g/j	87% du flux du secteur 3
métaux et composés	cuivre & composés	37	1	1	290 g/j	19% du flux du secteur 3
	mercure & composés	35	1	1	170 g/j	78% du flux du secteur 3
	plomb & composés	37	1	1	267 g/j	21% du flux du secteur 3
solvants chlorés	chloroforme / trichlorométhane (*)	29	1	1	906 g/j	81% du flux du secteur 3
chlorophénols	pentachlorophénol (*)	28	1	1	511 g/j	99,5 du flux du secteur 3
pesticides azotés	diuron	32	1	1	57 g/j	99% du flux du secteur 3
nonylphénols	nonylphénols linéaires (*)	31	1	1	36 g/j	9% du flux du secteur 3
métaux et composés	chrome & composés	37	1	0	625 g/j	34% du flux du secteur 3
	toluène	33	1	0	431 g/j	34% du flux du secteur 3
BTEX	benzène (*)	28	1	0	75 g/j	93,4% du flux du secteur 3
solvants chlorés	tétrachloroéthylène	35	1	0	5 g/j	2,8% du flux du secteur 3

(*) Note : le chloroforme, le pentachlorophénol, le benzène et les nonylphénols linéaires ne font pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1, Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de l'ensemble de ce sous-secteur pour ces substances.

Pour ces raisons, les contributions du sous-secteur 3.1 aux flux du secteur 3 de chloroforme (81%), de benzène (93%), de pentachlorophénol (99,5%) qui sont particulièrement élevées, seront donc considérées plutôt comme le reflet de situations particulières que comme étant la situation globale du sous-secteur 3.1.

Le diuron est dosé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.1, ce qui limite la représentativité de sa contribution aux flux du secteur 3 (99,3%).

Pour le sous-secteur 3.1 du regroupement, traitement, pré-traitement des déchets dangereux, les données exploitées permettent de dégager 16 substances d'intérêt dont 12 pour lesquelles au moins un site présente des flux supérieurs au seuil de réduction.

²⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Les 5 premières substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.1 sont - par ordre décroissant :

- **le nickel** : 11 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 4 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.1 représentant 47% du flux total de nickel du secteur 3
- **le zinc** : 3 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 2 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.1 représentant 42% du flux total de zinc du secteur 3
- **le cadmium** : 5 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.1 représentant 43% du flux total de cadmium du secteur 3
- **l'arsenic** : 4 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.1 représentant 6% du flux total d'arsenic du secteur 3 - les données disponibles ne concernent qu'une partie des sites de ce sous-secteur.
- **le dichlorométhane** : 3 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.1 représentant 87% du flux total de dichlorométhane du secteur 3

D'autres substances (**cuivre, mercure, plomb, diuron, nonylphénols linéaires, chrome, chloroforme, pentachlorophénol, toluène, benzène et tétrachloroéthylène**) présentent elles aussi un intérêt de par l'existence de sites dont les rejets sont supérieurs aux seuils de surveillance et/ou de réduction, ainsi que par l'importance des flux de ce sous-secteur dans les flux totaux du secteur des déchets pour ces substances. Les données disponibles pour le chloroforme, le pentachlorophénol et les nonylphénols linéaires ne sont cependant pas représentatives de la situation de l'ensemble du sous secteur 3.1 car ces substances ne font pas partie des analyses systématiques pour les rejets de ce sous-secteur. Les contributions respectives de chaque sous-secteur au flux total du secteur ne sont pas représentatives pour ces substances car elles ne sont pas dosées systématiquement dans tous les sous-secteurs (c'est particulièrement le cas pour le chloroforme, dosé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.4).

• **Sous-secteur 3.2 des installations de stockage des déchets non dangereux**

Tableau 10 - Classement des substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.2 (d'après les données partielles du RSDE-2 - au 21 novembre 2011)

Sous-secteur 3.2 Installations de stockage des déchets non dangereux		nb. de sites mesurés	nb rejets > surveillance	nb rejets > réduction	flux moyen réglt. formaté	Part du flux du sous- secteur 3.2 dans le flux du secteur 3
métaux et composés	chrome & composés	95	6	5	1 120 g/j	61% du flux du secteur 3
	arsenic & composés	92	14	4	897 g/j	60% du flux du secteur 3
	nickel & composés	93	11	4	911 g/j	4% du flux du secteur 3
	zinc & composés	94	4	4	1 425 g/j	21% du flux du secteur 3
HAP	naphthalène	96	4	1	328 g/j	94% du flux du secteur 3
nonyl- & octylphénols	nonylphénols linéaires (*)	79	7	4	354 g/j	82% du flux du secteur 3
	p-n octylphénol (*)	87	2	2	168 g/j	99,9% du flux du secteur 3
métaux et composés	plomb & composés (*)	73	3	1	367 g/j	29% du flux du secteur 3
	cuivre & composés (*)	73	1	1	432 g/j	28% du flux du secteur 3
	cadmium & composés (*)	13	1	0	3 g/j	53% du flux du secteur 3
nonyl- & octylphénols	nonylphénol monoéthoxylate (*)	80	1	0	4 g/j	77% du flux du secteur 3
pesticides azotés	isoproturon (*)	68	1	0	6 g/j	56% du flux du secteur 3

(*) Note : le plomb, le cuivre et le cadmium, comme l'isoproturon et les octyl/nonyl-phénols, ne font pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2, Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de ces substances pour l'ensemble de ce sous-secteur.

Pour le sous-secteur 3.2 des installations de stockage des déchets non dangereux, les données exploitées permettent de dégager 12 substances d'intérêt, dont 9 pour lesquelles au moins un site présente des flux supérieurs au seuil de réduction.

Les 5 premières substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.2 sont - par ordre décroissant :

- **le chrome** : 6 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 5 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.2 représentant 61% du flux total de chrome du secteur 3
- **l'arsenic** : 14 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 4 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.2 représentant 60% du flux total de l'arsenic du secteur 3
- **le nickel** : 11 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 4 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.2 représentant 4% du flux total de nickel du secteur 3
- **le zinc** : 4 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 4 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.2 représentant 21% du flux total de zinc du secteur 3
- **le naphthalène** : 4 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.2 représentant 94% du flux total de naphthalène du secteur 3

D'autres substances (**octyl/nonyl-phénols, et plomb, cuivre, cadmium et isoproturon** - bien qu'ils ne fassent pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets de ce sous-secteur) présentent elles aussi un intérêt de par l'existence de sites dont les rejets sont supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, ainsi que par l'importance des flux de ce sous-secteur dans les flux totaux du secteur des déchets pour ces substances.

On remarquera aussi que les flux d'octylphénol et de naphthalènes du sous-secteur 3.2 sont respectivement de 99,9% et de 94% des flux du secteur 3. Pour le p-n octylphénol, les données ne sont pas globalement représentatives car cette substance n'est dosée systématiquement que dans les rejets du sous-secteur 3.2. Pour le naphthalène, l'information semble plus sensible car cette substance est dosée systématiquement dans la totalité des rejets des industries du secteur 3.

• **Sous-secteur 3.3 des unités d'incinération d'ordures ménagères**

Tableau 11 - Classement des substances pour le sous-secteur 3.3 (d'après les données partielles du RSDE-2 - au 21 novembre 2011)

Sous-secteur 3.3 Unité d'incinération d'ordures ménagères		nb. de sites mesurés	nb rejets > surveillance	nb rejets > réduction	flux moyen régl. formaté	Part du flux du sous-secteur 3.3 dans le flux du secteur 3
métaux et composés	mercure & composés	32	2	2	42 g/j	19% du flux du secteur 3
	cadmium & composés	32	5	1	47 g/j	53% du flux du secteur 3
	plomb & composés	32	5	0	231 g/j	18% du flux du secteur 3
	zinc & composés	32	2	0	1 496 g/j	22% du flux du secteur 3
	nickel & composés	32	1	0	72 g/j	4% du flux du secteur 3
	arsenic & composés (*)	23	1	0	37 g/j	3% du flux du secteur 3
nonyl- & octylphénols	nonylphénols totaux	17	1	0	4.9 g/j	58% du flux du secteur 3
métaux et composés	cuivre & composés	32	0	0	254 g/j	16% du flux du secteur 3
	chrome & composés	32	0	0	58 g/j	3% du flux du secteur 3
solvants chlorés	chloroforme/trichlorométhane (*)	17	0	0	4 g/j	0,4% du flux du secteur 3

(*) Note : l'arsenic ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.3, Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'arsenic de l'ensemble de ce sous-secteur. C'est le cas aussi du trichlorométhane laissé à titre d'information dans ce tableau bien qu'il ne présente pas d'intérêt particulier.

Pour le sous-secteur 3.3 des usines d'incinération des ordures ménagères, les données exploitées permettent de dégager 7 substances d'intérêt pour lesquelles au moins un site présente des flux supérieurs au seuil de surveillance. Les trois substances suivantes (cuivre, chrome et chloroforme) sont laissées dans le tableau à titre d'information bien qu'elles ne donnent pas lieu à des dépassements de seuils (voir plus haut les règles retenues pour l'établissement de ces classements).

Les 5 premières substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.3 sont - par ordre d'intérêt décroissant :

- **le mercure** : 2 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 2 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.3 représentant 19% du flux total de mercure du secteur 3
- **le cadmium** : 5 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.3 représentant 53% du flux total de cadmium du secteur 3
- **le plomb** : 5 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance, aucun au seuil de réduction, le sous-secteur 3.3 représentant 18% du flux total de plomb du secteur 3
- **le zinc** : 2 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance, aucun au seuil de réduction, le sous-secteur 3.3 représentant 22% du flux total de zinc du secteur 3
- **le nickel** : 1 site dont le flux est supérieur au seuil de surveillance, aucun au seuil de réduction, le sous-secteur 3.3 représentant 4% du flux total de nickel du secteur 3

D'autres substances (**arsenic**, nonylphénols totaux) présentent elles aussi un intérêt de par l'existence de sites dont les rejets sont supérieurs au seuil de surveillance, bien que l'arsenic ne soit pas une substance dosée systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.3 et, par conséquent, que les flux annoncés ne soient pas représentatifs de l'ensemble des flux de ce sous-secteur.

• Sous-secteur 3.4 du lavage de citernes

Tableau 12 - Classement des substances pour le sous-secteur 3.4 (d'après les données partielles du RSDE-2 - au 21 novembre 2011)

Sous-secteur 3.4 Lavage de citernes		nb. de sites mesurés	nb rejets > surveillance	nb rejets > réduction	flux moyen réglt. formaté	Part du flux du sous- secteur 3.4 dans le flux du secteur 3
solvants chlorés	dichlorométhane	12	1	0	46 g/j	13% du flux du secteur 3
	chloroforme / trichlorométhane	12	1	0	25 g/j	2,3% du flux du secteur 3
BTEX	isopropylbenzène - cumène (*)	9	0	0	3,4 g/j	99,7% du flux du secteur 3
	o,m,p-xylènes	9	0	0	52 g/j	18% du flux du secteur 3
	éthylbenzène	11	0	0	20 g/j	26% du flux du secteur 3
	toluène	12	0	0	15 g/j	1,2% du flux du secteur 3
métaux et composés	zinc & composés	13	0	0	136 g/j	2% du flux du secteur 3
	cuivre & composés	13	0	0	41 g/j	41% du flux du secteur 3
	nickel & composés	13	0	0	32 g/j	1,6% du flux du secteur 3
	plomb & composés	13	0	0	15 g/j	1,2% du flux du secteur 3
	chrome & composés	13	0	0	8 g/j	0,5% du flux du secteur 3

(*) Note : le cumène ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.4, Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de cumène de l'ensemble de ce sous-secteur.

Pour le sous-secteur 3.4 des sites de lavage de citernes, les données exploitées permettent de dégager 2 substances d'intérêt pour lesquelles au moins un site présente des flux supérieurs au seuil de surveillance. Les substances suivantes (BTEX et métaux) sont laissées dans le tableau à titre d'information (voir plus haut les règles retenues pour l'établissement de ces classements).

Les 5 premières substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.4 sont - par ordre décroissant :

- **le dichlorométhane** : 1 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance, aucun au seuil de réduction, le sous-secteur 3.4 représentant 13% du flux total de dichlorométhane du secteur 3)
- **le trichlorométhane** : 1 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance, aucun au seuil de réduction, le sous-secteur 3.4 représentant 2,3% du flux total de trichlorométhane du secteur 3)
- **l'éthylbenzène** : aucun site dont les flux soient supérieurs aux seuils de surveillance ou de réduction, le sous-secteur 3.4 représentant 26% du flux total d'éthylbenzène du secteur 3
- **le xylène** : aucun site dont les flux soient supérieurs aux seuils de surveillance ou de réduction, le sous-secteur 3.4 représentant 18% du flux total de xylène du secteur 3

- **l'isopropylbenzène (cumène)** : aucun site dont les flux soient supérieurs aux seuils de surveillance ou de réduction, le sous-secteur 3.4 représentant 99,7% du flux total du secteur des déchets. Les données disponibles ne sont cependant pas représentatives de l'ensemble des flux du sous-secteur car le cumène ne fait pas partie des analyses systématiques des rejets de ce sous-secteur (9 sites concernés), et n'est analysé qu'occasionnellement dans les rejets des autres sous-secteurs (4 sites pour le sous-secteur 3.1, 1 site pour les sous-secteurs 3.2 et 3.3, aucun pour le sous-secteur 3.5).

Même en l'absence de flux supérieurs aux seuils, des métaux (zinc, cuivre, nickel, plomb, chrome) peuvent eux aussi présenter un certain intérêt, soit par les flux émis, soit par leur part respective dans les flux totaux du secteur des déchets.

• **Sous-secteur 3.5 des autres sites de traitement des déchets non dangereux**

Tableau 12 - Classement des substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.5 (d'après les données partielles du RSDE-2 - au 21 novembre 2011)

Sous-secteur 3.5 Autres sites de traitement de déchets non dangereux		nb. de sites mesurés	nb rejets > surveillance	nb rejets > réduction	flux moyen régl. formaté	Part du flux du sous-secteur 3.5 dans le flux du secteur 3
métaux et composés	zinc & composés	23	3	2	472 g/j	7% du flux du secteur 3
métaux et composés	cuivre & composés	21	2	1	521 g/j	34% du flux du secteur 3
	plomb & composés	21	2	1	403 g/j	31% du flux du secteur 3
nonyl- & octylphénols	nonylphénols linéaires (*)	20	2	1	36 g/j	8,4% du flux du secteur 3
	nonylphénols ramifiés (*)	6	1	1	92 g/j	97% du flux du secteur 3
	para-tert-octylphénols (*)	4	1	1	31 g/j	95% du flux du secteur 3
métaux et composés	arsenic & composés	21	1	1	465 g/j	31% du flux du secteur 3
solvants chlorés	tétrachloroéthylène (*)	12	1	1	183 g/j	96% du flux du secteur 3
	chloroforme/trichlorométhane (*)	11	1	1	185 g/j	17% du flux du secteur 3
métaux et composés	chrome & composés	22	1	1	31 g/j	2% du flux du secteur 3
	nickel & composés	23	1	1	17 g/j	1% du flux du secteur 3
	mercure & composés	22	1	0	5 g/j	2% du flux du secteur 3
BTEX	toluène (*)	16	1	0	762 g/j	60% du flux du secteur 3

(*) Note : les octylphénols et nonylphénols, le tétrachloroéthylène, le chloroforme et le toluène ne font pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de ces substances dans les rejets de l'ensemble de ce sous-secteur. Pour le tétrachloroéthylène et les octyl/nonyl phénols comme pour le toluène, il est possible que l'importance de la contribution du sous-secteur 3.5 au flux global du secteur 3 constatée ici soit le reflet de situations particulières.

Pour le sous-secteur 3.5 des autres sites de traitement de déchets non dangereux, les données exploitées permettent de dégager 13 substances d'intérêt pour lesquelles au moins un site présente des flux supérieurs au seuil de surveillance.

Les 5 premières substances d'intérêt pour le sous-secteur 3.5 sont - par ordre d'intérêt décroissant :

- **le zinc** : 3 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 2 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.5 représentant 7% du flux total de zinc du secteur 3
- **le cuivre** : 2 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance, 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.5 représentant 34% du flux total de cuivre du secteur 3
- **le plomb** : 2 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance, 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.5 représentant 31% du flux total de plomb du secteur 3
- **les nonylphénols linéaires** : 2 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance et 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.5 représentant 8,4% du flux total de nonylphénols linéaires du secteur 3
- **l'arsenic** : 1 sites dont les flux sont supérieurs au seuil de surveillance, 1 au seuil de réduction, le sous-secteur 3.5 représentant 31% du flux total d'arsenic du secteur 3

D'autres substances présentent elles aussi un intérêt pour le sous-secteur 3.5 de par l'existence de sites dont les rejets sont supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction - bien que certaines d'entre elles (notées *) ne soient pas dosées systématiquement (**arsenic, trichlorométhane(*), chrome, nickel, mercure**), ainsi que par l'importance des flux de ce sous-secteur dans les flux totaux du secteur des déchets pour ces substances (**nonylphénols ramifiés(*), para-tert octylphénol(*)** et **tétrachloroéthylène(*)**, supérieurs à 95%, et en particulier le **toluène(*)** dont le flux du sous secteur 3.5 (762 g/j) représente 60% des flux totaux du secteur des déchets).

• **Autres données sur les émissions de substances dans les rejets**

Il existe d'autres données, très partielles, sur l'émission des substances dans les rejets, en particulier l'**EPER**, registre européen des émissions de polluants²⁸, établi par une décision de la Commission du 17 juillet 2000. Il donne accès aux informations concernant les émissions annuelles d'environ 9 200 établissements industriels des 15 États membres de l'UE, ainsi que la Norvège et la Hongrie, principalement pour l'année 2001, et d'environ 12 000 établissements industriels des 25 États membres de l'UE et de Norvège pour l'année 2004. On notera que la numérotation utilisée par l'EPER ne correspond pas à celle qui a été retenue comme référence dans le cadre de la présente étude (sous-secteurs de l'industrie du traitement et du stockage des déchets définis dans l'annexe I de la circulaire du 5 janvier 2009).

Dans ce registre, les activités liées au secteur du déchet sont les suivantes :

- Catégories 5.1 et 5.2 : Installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux (>10t/j) ou des déchets municipaux (>3t/h) ;
- Catégories 5.3 et 5.4 : Installations pour l'élimination des déchets non dangereux (>50t/j) et décharges (>10t/j) ;
- Catégorie 6.5 : Installations destinées à l'élimination ou à la valorisation de carcasses et de déchets d'animaux (>10t/j) ;

Pour chaque activité des données sont disponibles concernant les émissions directes et indirectes (transfert dans une station d'épuration des eaux usées hors site) dans les eaux.

Remarque : les catégories 5.1 et 5.2 de l'EPER concernent en très grandes majorités les usines d'incinération de déchets dangereux et les UIOM. Les catégories 5.3 et 5.4 concernent les Installations de stockage de déchets dangereux et de déchets non dangereux.

Dans l'EPER, les émissions directes dans l'eau correspondent aux émissions d'établissements directement dans le milieu aquatique. Les émissions indirectes dans l'eau correspondent aux rejets effectués par des établissements dans une station d'épuration des eaux usées municipales ou industrielles hors site, via les réseaux d'assainissement. Etant donné que la charge polluante est généralement réduite de manière significative dans les stations, les deux types d'émissions ne sont pas comparables et ne donnent pas lieu au même impact sur le milieu naturel.

La déclinaison française de la base de données EPER relève de l'application de l'[arrêté du 31 janvier 2008](#) relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets. La base de données française (IREP) recense les déclarations des ICPE soumises à autorisation dont les rejets de substances (ou de déchets) sont supérieurs aux valeurs limites définies par l'arrêté du 31 janvier 2008 pour la liste de substances définies par ce même arrêté.

Attention : Le problème constaté de la base de données EPER est son manque de mise à jour. Selon cette source d'information, le secteur des incinérateurs est la source quasiment exclusive des transferts indirects des polluants Cd et Hg vers l'eau, ce qui ne peut pas

²⁸ <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eper-the-european-pollutant-emission-register-4> ;
<http://prtr.ec.europa.eu/>

être le cas (Expert ARCADIS). Il est toutefois avéré que le secteur des déchets est confronté à l'héritage lourd des batteries Hg et Cd dans les déchets communaux, aux colorants et autres additifs incorporés dans les produits plastique. Ceci explique la présence forte d'Hg et Cd dans les eaux des incinérateurs, décharges, industries du recyclage des plastiques (Expert ARCADIS).

A notre avis, les informations disponibles de cette source sont à prendre avec précautions, elles n'ont donc pas été intégrées à cette étude.

4.5. Evaluation des sources d'émissions des substances

Les substances présentes dans les effluents industriels, et en particulier ceux des industries du secteur des déchets peuvent avoir diverses origines :

- la composition des déchets entrant sur le site
- des sous-produits issus du traitement sur le site (on parlera de "substances néoformées")
- des mauvaises pratiques, en particulier dans la protection de cuves souillées à la pluie ou de bacs de rétention, le défaut de récupération des eaux pluviales et de ruissellement...
- l'utilisation sur le site industriel de quantités significatives de réactifs contaminés par des substances dangereuses à l'état de traces
- l'utilisation pour des opérations de maintenance (nettoyage, entretien du site y compris actions de désherbage...)
- le manque d'efficacité des procédés d'épuration en vigueur sur le site industriel
- etc.

Ces différents points ont été examinés de façon à mettre en évidence, pour chaque sous secteur, et pour chaque substance, l'origine la plus probable de la substance dans le rejet.

Les enquêtes et recherches bibliographiques ont été faites de façon à rapprocher les "substances" (ou familles de substances) des "déchets" entrants dans les différents sous-secteurs d'activité des industries du déchet.

On rappellera que l'étude porte spécifiquement sur les sous-secteurs de l'industrie du traitement et du stockage des déchets tels qu'ils sont définis dans l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 :

- 3-1. Regroupement, prétraitement ou traitement des déchets dangereux
- 3-2. Installation de stockage des déchets non dangereux
- 3-3. Unité d'incinération d'ordures ménagères
- 3-4. Lavage de citernes
- 3-5. Autres sites de traitement de déchets non dangereux

Les informations, sont identifiées pour les différentes étapes de tri, transit, regroupement, traitement (dont stockage), et lavage (citernes, aires de réception...)

4.5.1. Etude du contenu des déchets en substances prioritaires

La connaissance de la présence ou non de substances relevant de la réglementation RSDE dans la composition de chacun des déchets répertoriés à l'annexe II de l'article R541-8 du Code de l'environnement ne figure, d'après nos recherches, dans aucun document de synthèse national ou européen.

La classification française des déchets, issue de la transcription de la directive 2008/98/CE, identifie spécifiquement les déchets dont le caractère dangereux est attribué par la présence, dans leur composition, de certaines substances dangereuses²⁹. Notamment certains Code-déchets indiquent dans leur intitulé la présence de substances dangereuses particulières dans la composition du déchet (Exemple « 16.02.09 Transformateurs et accumulateurs contenant des PCB »). Dans un premier temps, ce sont donc ces déchets dangereux, dont la condition de dangerosité porte sur la présence, dans la composition du déchet, de substances dangereuses relevant de la réglementation RSDE, qui ont été identifiés. Ce travail a été effectué à l'aide d'un outil interne mis au point par POLDEN rassemblant un certain nombre d'indications disponibles sur la composition des déchets. Les seuls déchets écartés sont ceux répondant à la définition "xx xx 99 - déchets non spécifiés ailleurs".

Enfin, la classification des déchets a été passée en revue et confrontée au retour d'expérience de POLDEN en matière de travaux monographiques sur certains déchets et en matière de caractérisation de déchets ou encore en matière de procédés générateurs de déchets. Ce travail consistant à préciser la présence potentielle ou certaine de substances dangereuses dans la composition des déchets a été réalisé sur la base des avis d'experts des deux co-directeurs de POLDEN (Pascale Naquin et Emmanuel Vernus) en s'appuyant notamment sur divers rapports d'étude réalisés pour l'ADEME, pour RECORD ou encore directement pour des industriels ou leur syndicat professionnel. Une liste non exhaustive des rapports d'étude d'intérêt pour la mission est présentée en annexe 3.

L'ensemble de ce travail a été réalisé sous la forme de matrices déchets / substances joints en annexe 3. Une brève description des origines possibles de substances dangereuses dans les déchets est donnée ci-après en suivant le classement de l'annexe II de l'article R541-8 du Code de l'environnement.

Les informations présentées dans ces matrices sont uniquement qualitatives (présence probable / présence possible), pour les raisons suivantes :

- **La connaissance du contenu total des déchets est inégale.** Si certains déchets sont bien connus car ils ont donné lieu à des thèses, des études ou des publications, comme les déchets de démolition, les mâchefers, les cendres d'incinération des centrales thermiques ou des unités d'incinération d'ordures ménagères, etc. de nombreux autres déchets sont très mal connus, comme par exemple les boues de stations d'épuration des industries de la chimie ou de la pharmacie, ou encore leurs loupés de fabrication.
- **La composition même des déchets est variable.** Pour un type de déchet correspondant à une dénomination précise de la Liste européenne des déchets (par exemple : boues de dragage, terres et cailloux contenant des substances dangereuses, boues provenant du traitement in situ d'effluent, eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses, résidus de réaction et de distillation, gâteaux de filtration et absorbants usés, boues et déchets solides contenant des solvants...), le contenu en substances (dangereuses ou non) varie de façon significative d'un déchet à l'autre, voire même d'un endroit à l'autre d'un gisement donné.
- **Le nombre de paramètres habituellement (et historiquement) analysés dans les déchets est relativement restreint.** Dans les bases de données actuelles, on ne trouve donc pas d'informations sur la plupart des substances concernées par cette étude. Les informations disponibles portent essentiellement sur les métaux, les HAP, hydrocarbures, solvants chlorés, et PCB.

Les informations sur la présence des substances dangereuses dans les déchets sont donc fournies à titre indicatif sous la forme de **présomption de présence**. Pour les mêmes raisons, il n'a pas été jugé possible de se prononcer sur un niveau d'absence certaine de la substance dans un déchet particulier.

²⁹ L'annexe II de l'article R541-8 du Code de l'environnement précise : « on entend par " substance dangereuse " une substance classée comme telle par arrêté pris en application de l'article R. 231-51 du code du travail »

Enfin, l'indication de présence possible d'une substance dans un déchet ne peut pas directement orienter vers la présomption de présence de cette même substance dans les rejets d'installations de traitement de ces déchets compte tenu du mode de traitement du déchet d'une part (cf. chapitre suivant) mais aussi des propriétés de disponibilité et de solubilité dans l'eau de ces substances.

On signalera que cette démarche d'identification de la présence de substances dangereuses dans les déchets a déjà été entreprise, par exemple par l'INRS dans le cadre de la protection des salariés. Les résultats de ce travail ont donné lieu à la publication d'un dossier "Etude des composés CMR dans les déchets dangereux" (INRS, 2007). L'inventaire, réalisé sous forme d'enquête, est intéressant. Il souligne en particulier la bonne connaissance générale des plus gros industriels en ce qui concerne la présence de substances CMR dans leurs déchets et, parallèlement, la méconnaissance de cet état de fait par les collecteurs et traiteurs de déchets, voire par les petits producteurs. Ce document confirme aussi la grande variabilité de la composition des déchets.

Remarque :

Dans cette synthèse on constate que, pour certains déchets non dangereux, des substances dangereuses peuvent être qualifiées de "présence probable". C'est en particulier le cas des boues de stations d'épurations urbaines. En dehors d'une éventuelle incohérence de la réglementation, cette situation est rendue possible par le fait que la substance dangereuse doit être présente en concentration suffisante pour que le déchet soit qualifié de dangereux.

Résumé des origines possibles des substances dans les grandes familles de déchets :

01 - Mines et carrières

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Cyanures résultant du traitement par cyanuration pour extraction de l'or
- BTEX présents dans les fluides de forage
- Métaux associés aux déchets de forage

02 - Agriculture

- Déchets de pesticides périmés ou non utilisés
- Pesticides résiduels dans les terres de lavage

03 - Bois – Papiers, cartons

- Métaux présents sous forme de pigments dans les produits de finition de panneaux et meubles
- HAP présents sous forme de créosote pour le traitement de protection de certains bois
- Pentachlorophénol et métabolites utilisés pour le traitement de protection de certains bois
- Hydroxycarbonates de cuivre utilisés pour le traitement de protection de certains bois
- Sels de Cr, Cu, As utilisés pour le traitement de protection de certains bois

Remarque : les déchets de bois peuvent aussi contenir des sels de bore, des fongicides de type triazole, des insecticides de type pyrèthroïdes de synthèse, des organo-iodés, des ammoniums quaternaires, des chlorures de benzalkonium, des colles à base de résine synthétique (urée-formol, mélanine, phénol, résorcinol, polyuréthane, acétate de polyvinyle) et des résines de finition (alkyde, alkyde-uréthane, acrylique, vinylique)

- BTEX associés aux hydrocarbures totaux présents dans les boues de désencrage

04 - Textile, cuir

- Tétra-, trichloréthylène et leurs métabolites issus du dégraissage de peaux
- Chrome employé dans le tannage des peaux
- BTEX et solvants chlorés associés aux COV de finition textiles
- Métaux (Cd, Cr, Cu, Ni) présents sous forme de pigments

05 - Raffinage pétrole, purification gaz, traitement pyrolytique charbon

- HAP présents dans les goudrons et les boues de fond de cuve
- BTEX présents dans des hydrocarbures répandus ou des boues contenant des hydrocarbures

06 - Chimie minérale

- Cyanures présents dans certains sels
- Métaux lourds présents dans certains sels
- As, Hg et autres métaux présents des certains déchets contenant des métaux
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Mercure présent dans des charbons actifs de production de chlore (par électrolyse à cathode de mercure)
- Mercure présent dans les boues de sulfate de baryum de production de chlore
- Cr, Cu et As issus de procédés de la chimie minérale de production de produits de protection du bois
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale
- HAP présents dans les suies de la chimie minérale

07 - Chimie organique de base

- Solvants chlorés (tétra-, tri-, dichloréthylène ...) et hydrocarbures mono-aromatiques (BTEX) présents dans les solutions de lavage, résidus de réaction, gâteaux de filtration
- Sels de chrome, nickel, zinc utilisés comme additifs dans la fabrication de caoutchouc
- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments
- Certains HAP (anthracène) sont utilisés dans la fabrication de pigments organiques
- Certains hydrocarbures aromatiques monocycliques sont utilisés dans la fabrication de pigments organiques
- Certains pesticides présents dans les déchets de fabrication de produits phytosanitaires
- Certains médicaments présents dans les déchets de fabrication de produits pharmaceutiques
- Présence possible de PFOS et ses sels dans les déchets de fabrication de détergents
- Présence possible d'hydrocarbures mono-aromatiques et de solvants chlorés parmi les déchets de fabrication de la chimie fine,

08 – Produits de revêtement (peintures, vernis), mastics, encres

- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments
- Sels de plomb présents dans certains déchets de décapage de peinture
- Le zinc employé comme adjuvant dans certaines peintures (siccatif)
- Dichloroéthane, trichloroéthylène, dichlorométhane, éthylbenzène, toluène, xylènes employés comme solvant pour certaines peintures et vernis ou comme produit de décapage
- Certains COV (toluène, éthylbenzène, voire benzène et xylènes) et HAP présents dans les déchets d'imprimerie (huiles)
- Cu mis en solution dans le procédé de gravure à l'eau forte
- Certains métaux présents dans des toners d'impression (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)
- Dichloroéthane, trichloroéthylène et xylènes employés comme solvants dans certaines colles et mastics

09 – Photographie

10 – Procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- HAP et dioxines présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)

- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- HAP et dioxines présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- HAP et dioxines présents dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

11 – Traitement chimique de surface

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Solvants chlorés présents dans les déchets de dégraissage du traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage
- PCB et hydrocarbures aromatiques (y compris halogénés) dans des huiles et boues d'usinage de pièces métalliques

13 – Huiles usagées

- PCB présents dans des huiles hydrauliques chlorées
- Métaux et HAP présents dans des huiles moteurs
- PCB présents dans des huiles moteurs chlorées
- Hydrocarbures aromatiques mono- et polycycliques dans des hydrocarbures de fon de cale
- Hydrocarbures mono-aromatiques dans des déchets de séparateurs eau-hydrocarbures

14 – Solvants organiques

- Solvants chlorés parmi les déchets de solvants halogénés (tétra-, trichloroéthylène et métabolites de dégradation, chlorobenzènes)

15 – Emballages

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- Solvants chlorés (tétra- tri- dichloroéthane), hydrocarbures monoaromatiques, PCB présents sur certains chiffons d'essuyage et matériaux absorbants

16 – Déchets non décrits ailleurs

- Zinc, BTEX présents dans les pneus hors d'usage
- Métaux, BTEX, diphenyléther polybromés présents dans des VHU
- Métaux, BTEX présents dans des filtres à huile
- Mercure présent dans les composants contenant du mercure
- PCB présent dans les composants contenant des PCB
- Cuivre, PCB et hexachlorobenzène présents dans les transformateurs contenant des PCB
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Plomb dans les accumulateurs au plomb

- Nickel et cadmium dans les accumulateurs Ni/Cd
- Mercure et zinc dans les piles au mercure
- Zinc dans les piles alcalines et salines
- BTEX dans les déchets de nettoyage de fûts contenant des hydrocarbures
- Chrome, cuivre, nickel et zinc potentiellement présents dans les catalyseurs usés
- Benzène potentiellement présent dans les catalyseurs usés
- Chrome dans les solutions oxydantes de chromates
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

17 –Déchets de construction et démolition

- Tubes fluorescents contenant du mercure (Hg)
- Bois traités (créosote, Lindane, pentachlorophénol, chrome, cuivre, arsenic)
- Peintures au plomb (Pb)
- Tuyaux en plomb (Pb)
- Revêtements à base de goudrons (HAP, phénols)
- Suies de cheminées (HAP)
- Divers polluants métalliques, organiques, minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées

18 –Déchets d'activités de soins

- Médicaments et hormones dans des déchets anatomiques (sacs de sang)
- Mercure dans déchets d'amalgame dentaire

19 –Déchets de gestion de déchets

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzènes, byphényles, PCB, Dioxines dans des hydrocarbures concentrés issus de séparation, des déchets combustibles liquides et solides
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- Métaux dans les cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- HAP dans les goudrons sulfuriques de régénération d'huiles
- HAP et dioxines dans des déchets d'épuration des gaz de combustion
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des déchets de traitement mécanique de déchets de bois traités
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées

20 –Déchets municipaux

- PCB dans certaines fractions de papiers et cartons
- Solvants chlorés, BTEX dans des déchets de solvants collectés séparément
- Métaux dans des acides usés
- PCB et dioxines dans des huiles et matières grasses collectées séparément
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Nonyl- octylphénols et PFOS dans des détergents collectés séparément
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément

- Métaux dans des équipements électriques et électroniques collectés séparément
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des bois traités collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues
- Médicaments et hormones détergents (nonylphénols) dans des boues de fosses septiques et déchets de nettoyage des égouts
- Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure
- Bois traités (créosote, Lindane, pentachlorophénol, chrome, cuivre, arsenic)
- Lumières d'urgence et détecteurs de fumées (Cd, Pb)

4.5.2. Potentialité d'émissions de substances dangereuses par sous-secteur

L'identification des substances émises par les procédés de traitement des déchets ainsi que la proposition de procédés de réduction des émissions, nécessitent une connaissance précise et une vue d'ensemble de chaque activité des différentes industries du secteur des déchets. Bien que chaque site industriel ait ses propres spécificités, et regroupe souvent des activités différentes, nous avons choisi de schématiser chacun des sous-secteurs des industries de traitement du déchet concernés par l'étude et de le découper en domaines et sous-domaines d'activités caractéristiques.

Cette typologie générale a servi de support à la réflexion et à l'élaboration de propositions par les experts consultés.

• Sous-secteur 3.1 : regroupement, prétraitement et traitement des déchets dangereux

Ce sous-secteur concerne les rubriques ICPE suivantes :

- | | |
|-------------|--|
| 2717 | - Transit, regroupement ou tri de déchet contenant des substances ou préparations dangereuses ; |
| 2718 | - Transit, regroupement ou tri de déchet dangereux ; |
| 2720 | - Stockage de déchets résultant de la prospection, de l'extraction, du traitement et du stockage de ressources minérales ainsi que de l'exploitation de carrières. |
| 2760 | - Stockage de déchets autres que ceux mentionnés à la rubrique 2720 |
| 2770 | - Traitement thermique de déchets dangereux |
| 2790 | - Traitement de déchets dangereux ; |

L'ensemble de ces rubriques concernent des installations soumises à autorisation.

Hormis la typologie des déchets admissibles sur les installations de traitement de déchets dangereux, les process et techniques d'exploitation peuvent être proche de ce qui est réalisé pour les déchets non dangereux. La typologie, la composition des déchets dangereux ainsi que les concentrations en jeu diffèrent par rapport aux déchets non dangereux. En ce qui concerne les process, les différences sont parfois très faibles.

En effet, le stockage de déchets dangereux revient techniquement aux mêmes considérations que le stockage de déchets non dangereux, à la différence des éventuels pré-traitements réalisés (stabilisation, vitrification...).

En ce qui concerne **l'incinération** (soit le traitement thermique des déchets dangereux), on se référera à la partie relative aux UIOM. Les températures de combustion sont plus élevées en incinération de déchets dangereux, et le système de traitement des fumées peut être plus complexe,

mais l'organisation générale reste la même que pour le traitement des déchets non dangereux. Pour l'incinération, comme pour le stockage de déchets, les seuils d'acceptation, les typologies de déchets acceptés, les seuils de rejets sont différents pour le domaine des déchets dangereux de ceux du domaine des déchets non dangereux.

En ce qui concerne le **transit, le regroupement ou le tri** de déchets non dangereux, cette activité est réalisée sur plate-forme.

Centres collectifs de traitement des déchets dangereux

Selon les données 2007 du ministère de l'écologie, la France compte 94 centres collectifs de traitement de déchets dangereux (Commissariat Général au Développement Durable, 2009).

Le SYPRED (Syndicat Professionnel pour le Recyclage et l'Élimination des Déchets dangereux) a recensé, région par région, les centres de traitement collectifs de déchets dangereux en France métropolitaine (SYPRED, 2009). Les résultats de ce recensement peuvent être synthétisés comme suit :

Technique	Nombre de centres collectifs en France métropolitaine
Co-incinération	28
Evapo-incinération	13
Incinération	20
ISDD	14
Physico-chimique	19
Régénération solvants	22

Ce à quoi il convient d'ajouter 1 installation de régénération d'huiles usagées noires et 5 installations de régénération d'huiles usagées claires.

Recours aux techniques de traitement

Le recours aux différentes techniques de traitement de déchets dangereux a fait l'objet d'une synthèse par les services du ministère de l'écologie pour ce qui concerne les déchets dangereux des agents économiques (données 2008) estimant à 10,9 millions de tonnes (Ministère du développement durable, 2010) la production nationale de ces déchets. La répartition de leur traitement est représentée par le tableau ci-après :

Tableau 14 - Répartition des principales voies de traitements des déchets dangereux en France (2008)
(Ministère du développement durable, 2010)

En milliers de tonnes

Types de déchets	Recyclage	Incinération avec valorisation énergétique	Incinération sans valorisation énergétique	Stockage (mise en décharge)	Total
Déchets minéraux	1 150	33,3	4,20	1 017	2 204
Huiles usées	112	126	46,0	3,20	287
Résidus d'opérations thermiques	176	0,0	9,10	549	734
Déchets chimiques	490	762	1 016	267	2 535
Autres déchets	533	122	154	284	1 093
Ensemble	2 461,6	1 042,5	1 228,6	2 120,3	6 853,0

Note : Dom inclus.

Source : SOeS, 2010.

Il apparaît ainsi que le stockage et l'incinération constituent ensemble la destination des deux tiers de la production nationale de déchets dangereux des agents économiques.

Spécificité des installations de traitement des déchets dangereux

D'après l'expérience acquise par POLDEN au cours de ses missions d'accompagnement auprès de 9 conseils régionaux dans la mise en place de PREDD, ces centres collectifs sont, dans leur très grande majorité, de nature spécifique, à l'exception des 14 installations de stockage de déchets dangereux.

En effet, si le traitement de déchets dangereux en installation de stockage peut être ramené à un procédé générique (avec toutefois une étape de stabilisation / solidification optionnelle), tel n'est pas le cas des autres filières de traitement :

- les procédés de traitement par incinération sans valorisation énergétique sont relativement spécifiques de chaque installation, compte tenu de la nature des déchets dangereux traités en particulier selon la composition en halogènes des déchets admissibles et du choix du mode de traitement des fumées ;
- les procédés d'incinération avec valorisation énergétique comprennent notamment la co-incinération en cimenterie, ou l'évapo-incinération qui sont des installations de nature et de finalité très différente ;
- enfin, le traitement par recyclage regroupe la régénération de solvants usés (en distinguant les solvants à basse et haute valeur ajoutée), la régénération des huiles usagées (en distinguant notamment les huiles noires et les huiles claires) ou encore la récupération des métaux (en distinguant la récupération du plomb, autres métaux non ferreux, métaux ferreux) et autres matières valorisables.

Par conséquent, l'étude de l'émission de substances dangereuses dans l'eau par les installations de traitement de déchets dangereux ne peut pas faire l'objet d'une approche globale.

Du point de vue d'experts du réseau ARCADIS, les installations de traitement de déchets dangereux se trouvent souvent regroupées sur des centres qui effectuent également des opérations de transit/regroupement/prétraitement de déchets dangereux. Les procédés de traitements sont variables suivant les sites. Les principaux traitements suivants sont rencontrés :

- Traitements biologiques pour les liquides organiques
- Traitement physico-chimiques pour les liquides minéraux
- Un mixte entre les procédés de traitement biologique et physico-chimique existe également
- Traitement par incinération pour solides, boues, liquides
- Co-incinération pour solides, boues, liquides
- Traitement par évapo-concentration ou évapo-incinération pour les liquides
- Stockage dans des centres d'enfouissement pour déchets dangereux avec ou sans stabilisation (stockage dans les mines de sel en Allemagne ; le seul existant en France a fermé) pour les solides et boues
- Etc...

A ces procédés peuvent être couplés des procédés spécifiques comme par exemple :

- Valorisation des tubes néons,
- Valorisation des piles,
- Lavage de REFION/REFIDI
- Traitement par pyrolyse (ex : Citron)
- Valorisation par électrolyse (liquides contenant des métaux)
- Régénération de solvant (solvants liquides)
- Traitement par vitrification (Amiante, REFION)
- Désorption thermique (plutôt terres polluées)
- Régénération d'huiles usagées
- Récupération des métaux
- Etc...

L'essentiel des volumes de déchets est traité par voie d'incinération et par voie physico-chimique (avec potentiellement un traitement biologique). Ces traitements interagissent la plupart du temps les uns avec les autres. Par exemple :

- L'évapo-concentration permet d'obtenir un concentrât qui est ensuite incinéré.
- Le traitement physicochimique produit une boue filtrée qui est ensuite stockée en ISDD avec ou sans stabilisation.
- L'incinération produit des REFIDI qui sont ensuite stockés en ISDD avec ou sans stabilisation,
- Etc...

Concernant les rejets liquides correspondants aux centres de traitement de déchets dangereux, les principaux contributeurs sont :

- Les traitements physico-chimiques et/ou biologiques : ces rejets font souvent l'objet d'une finition par passage sur charbon actif.
- Les eaux pluviales collectées sur les sites : ces eaux sont regroupées dans un bassin d'orage avant rejet.

Il faut également noter que certains centres de traitement de déchet dangereux utilisent ces eaux comme eau-process pour la stabilisation/solidification – dans ce cas, *in fine* les molécules présentes dans ces eaux finiront donc en ISDD.

Egalement la plupart des ISDD utilisent leurs lixiviats pour en incorporer tout ou partie dans les unités de stabilisation/solidification.

Il faut encore ajouter que l'un des principaux contributeurs en déchets traités (incinérateur ou co-incinérateur) n'est pas le principal contributeur en rejet liquide. En effet, le traitement des fumées est le plus souvent semi humide et donc sans rejet liquide. Sur ces traitements des fumées par voie humide, l'effluent finit dans le traitement physico chimique. Les traitements des fumées par voie humides existent mais sont très minoritaires en France. Ces traitements des fumées sont complétés par des traitements des dioxines (dioxorb) et des systèmes Denox pour les NOx.

Pour tous les traitements thermiques, les molécules résiduelles émises dans l'atmosphère après traitement des fumées seront donc reprises par les eaux pluviales des sites.

Remarque : sur les centres de traitement de déchets dangereux, il y a souvent des procédés de prétraitement comme le broyage avant incinération, la centrifugation (par exemple pour les eaux hydrocarbonées), la séparation de phase (par exemple pour les eaux hydrocarbonées)... Là encore, les flux liquides rejoindront les unités de traitement. Les molécules pourront également se retrouver dans les eaux de ruissellements collectées.

Conclusion :

Les principaux flux de rejets vers le milieu naturel des ISDD seraient donc issus :

- Des traitements physico-chimiques/biologiques
- Des eaux de ruissellement des centres (traitement/stockage de déchets dangereux, transit/regroupement).

- **Sous-secteur 3.2 : installations de stockage des déchets non dangereux ISDND**

Les ISDND sont visées par les rubriques ICPE suivantes :

2720 - Stockage de déchets résultant de la prospection, de l'extraction, du traitement et du stockage de ressources minérales ainsi que de l'exploitation de carrières.
2760 - Stockage de déchets autres que ceux mentionnés à la rubrique 2720

Quelle que soit la rubrique concernée (2720 ou 2760), les ISDND sont des installations soumises à autorisation. L'arrêté ministériel du 9 septembre 1997, modifié par arrêté du 19 janvier 2006 ainsi que celui le complétant de 2006 fixent un certain nombre de principes de gestion des effluents. Par ailleurs, chaque site est soumis à son propre arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter, imposant différentes mesures qui ont été présentées au stade du DDAE (Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter), rendant chaque site plus ou moins spécifique. Ces arrêtés respectent les prescriptions de l'arrêté ministériel.

Pour ce type de site, il existe deux origines possibles au déversement dans le milieu naturel de substances dangereuses :

- Les eaux de ruissellement ayant lessivé les surfaces imperméabilisées du site,
- Les effluents résiduels après traitement in situ des lixiviats.

Les déchets peuvent être à l'origine de la présence de substances dangereuses dans les eaux de rejets via les différentes étapes suivantes :

- Fuite des jus de déchets des véhicules apporteurs sur les surfaces imperméabilisées se retrouvant dans les eaux de ruissellement ;
- Eaux résiduelles après traitement des lixiviats.

On notera que les substances dangereuses ne sont pas les paramètres habituellement recherchés dans les effluents résiduels après traitement des lixiviats. Les paramètres habituellement recherchés sont les indicateurs de pollution organique et saline.

Ainsi, si tel n'est pas le cas, il semble important de finaliser le traitement des lixiviats par un traitement très fins et susceptible de retenir les substances dangereuses (type passage sur charbon actif).

Par ailleurs, les déchets peuvent ne pas être les seules sources de la présence des substances dangereuses dans les eaux de rejets. En effet, les fuites ou surdosage de produits de maintenance des installations de type valorisation du biogaz, entretien des espaces verts, masquant d'odeurs et autres fluides des véhicules circulant sur le site, peuvent contenir des substances dangereuses et impacter les eaux de ruissellement.

Une autre remarque concernant le fonctionnement des ISDND, est qu'il peut arriver que les lixiviats soient envoyés en traitement dans les stations d'épuration urbaines, dont la conception n'intègre pas systématiquement le traitement des substances dangereuses résiduelles après abattement de la pollution organique.

Note : Bien que non spécifiques du secteur du déchet, on pourra trouver des médicaments périmés (ou non utilisés) dans les déchets ménagers (OM). Les secteurs d'activité "3-2. Installation de stockage des déchets non dangereux", et dans une moindre mesure "3-3. Unité d'incinération d'ordures ménagères" sont donc susceptibles d'être concernés par ces substances.

- **Sous-secteur 3.3 : usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM)**

Les UIOM sont visées par la rubrique ICPE :

2771 – Traitement thermique de déchets non dangereux.
--

Elles sont soumises à autorisation.

L'arrêté du 25 janvier 1991, modifié par celui du 20 septembre 2002 fixent un certain nombre de principes pour la bonne gestion de l'installation et des effluents générés.

Pour ce type de site, il existe différentes origines possibles au déversement dans le milieu naturel de substances dangereuses :

- Fraction aqueuse des déchets s'accumulant dans les fosses de réception des déchets avant introduction dans le four,
- Eaux usées provenant de l'entretien ou de dysfonctionnement au niveau du stockage des cendres et poussières des fumées
- Eaux de lavage des fumées si les techniques de traitement retenues génèrent des rejets liquides
- Eaux de traitement des mâchefers, s'ils sont traités sur place
- Eaux de chaudière et ou de refroidissement en cas de dysfonctionnement

Les spécificités des différents types d'effluents sont les suivantes :

- Concernant la fraction aqueuse des déchets s'accumulant dans les fosses, les substances dangereuses potentiellement présentes proviendraient directement des déchets entrants ;
- Les eaux de lavage des différentes unités peuvent également contenir des produits néoformés : en effet, une combustion incomplète peut donner naissance (néoformer) certaines substances dangereuses.
- Les eaux de lavage des différentes unités peuvent également contenir des substances dangereuses issues des différents produits d'entretien ou de maintenance.

D'un rapport de l'INERIS sur le comportement des dioxines présentes dans les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (INERIS, janvier 2002), il ressort que le transfert de la dioxine ne s'effectue pas sous forme dissoute mais uniquement sous forme particulaire, et plus précisément sous la forme de particules d'un diamètre supérieur à 0,45µm.

Bien que non spécifiques du secteur du déchet, on pourra trouver des médicaments périmés (ou non utilisés) dans les déchets ménagers (OM). Les secteurs d'activité "3-2. Installation de stockage des déchets non dangereux", et dans une moindre mesure "3-3. Unité d'incinération d'ordures ménagères" sont donc susceptibles d'être concernés par ces substances.

- **Sous-secteur 3.4 : lavage de citerne**

Les stations de lavage de citernes sont visées par la rubrique ICPE :

2795 - Installation de lavage de fûts, conteneurs et citernes de transport de matières alimentaires, de matières dangereuses

Elles sont soumises à autorisation.

Ce cas constitue le secteur pour lequel le retour d'expérience est le moins important.

Le lavage des citernes peut se situer à proximité des installations de traitement des produits transportés dans les citernes. Si les produits sont des produits dangereux, les eaux de lavage doivent être gérées comme les déchets

Une autre origine des substances dangereuses dans les eaux de rejet est le lessivage des différentes fuites de produit d'entretien ou de maintenances des engins et installations en service sur le site au droit des surfaces imperméabilisées non couvertes.

- **Sous-secteur 3.5 : autres sites de traitement de déchets non dangereux**

Ce sous-secteur concerne les rubriques ICPE suivantes :

2710 - Déchèteries aménagées pour la collecte des encombrants, matériaux ou produits triés
2711 - Transit, regroupement, tri, désassemblage, remise en état d'équipements électriques et électroniques
2712 - Stockage, dépollution, démontage, découpage ou broyage de véhicules hors d'usage
2713 - Transit, regroupement ou tri de métaux ou de déchets de métaux non dangereux
2714 - Transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux de papiers/cartons, plastiques, caoutchouc, textiles, bois
2715 - Transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux de verre
2716 - Transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux non inertes
2719 - Installation temporaire de transit de déchets issus de pollutions accidentelles marines ou fluviales ou de catastrophes naturelles
2780 - Compostage ou stabilisation biologique de déchets non dangereux ou matière végétale
2781 - Méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétale
2791 - Traitement de déchets non dangereux
2782 - Autres traitements biologiques de déchets non dangereux

Ces installations ne nécessitent pas forcément une autorisation. En fonction de la taille ou de la quantité de déchets stockés, ces installations peuvent être uniquement soumises à déclaration.

Pour ce type de sites, il existe différentes origines possibles au déversement dans le milieu naturel de substances dangereuses :

- Eaux de procédés contenant potentiellement des substances dangereuses permettant le bon fonctionnement des technologies utilisées ;
- Eaux de lavages pouvant contenir des détergents ou autres substances contenues dans les produits d'entretien ainsi que les substances dangereuses provenant des déchets reçus sur le site ;

Dans ce type d'installation, il y a peu de néoformation de substance dangereuses.

- **Emissions communes à l'ensemble des sous-secteurs : les eaux de ruissellement**

Les eaux de ruissellement (ER) contiennent les éventuelles fuites et surdosage de produits d'entretien, phytosanitaires utilisés sur le site, ainsi que les fluides des engins circulant sur le site

Quel que soit le sous-secteur et l'installation considérée les eaux de ruissellement peuvent être séparées en 3 catégories qui doivent le cas échéant faire l'objet d'un traitement séparatif :

1. Les eaux de ruissellement de la zone d'installation (possibilité de zones à ciel ouvert ou pas et faisant l'objet de ruissellement d'eaux pluviales, de fuites légères mais inévitables) : potentiellement polluées.
2. Les eaux de toitures, parkings, sanitaires, autres, et traitées comme des eaux résiduaires urbaines classiques.
3. Les eaux des zones de stockages qui représentent le vrai problème des industriels.

Les ER représentent un flux discontinu en termes de quantité et de qualité car lié à la météorologie. Un process lent à démarrer est inadapté (par exemple traitement biologique inadapté car les bactéries ont besoin d'une homogénéité de la qualité des eaux et une régularité des apports d'effluent pour être efficaces).

Remarque : Le retour d'expérience d'ARCADIS montre qu'il existe toujours des produits de substitutions aux produits d'entretiens qui ne sont pas nocifs pour l'environnement.

5. Volet 2 : Procédures de prélèvement et d'analyse des substances dans les effluents aqueux

5.1. Fiche prélèvements et analyses

Les informations recueillies proviennent des Techniques de l'Ingénieur, de l'US EPA, des BREFs et du retour d'experts des laboratoires d'analyses avec lesquels ARCADIS travaille dans le cadre des activités relatives à la gestion des sites et sols pollués.

Les informations et recommandations concernant les analyses en milieu naturel et dans les effluents sont différenciées.

La synthèse des informations pertinentes contenues dans les fiches "prélèvements et analyses" a été intégrée aux fiches "substances" concernées lorsque elles apportent une valeur ajoutée (ex: stabilisation de l'échantillon, délais et mode de conservation, incompatibilité du matériau des flacons, interférences possibles...).

Une attention particulière a été portée à la formulation de recommandations de bonnes pratiques pour permettre la réalisation des analyses dans le contexte de la surveillance en continu des rejets sur les sites industriels. Il est en particulier tenu compte des équipements habituellement rencontrés dans les laboratoires des industries de ce secteur. L'ensemble de la chaîne analytique est prise en compte dans cette démarche : mode de prélèvement, constitution d'échantillons "représentatifs", conditionnement, conservation des échantillons, préparation des échantillons pour analyse, et analyse proprement dite (y compris les modalités de vérification de la qualité des résultats). Les laboratoires de chaque site industriel particulier sont supposés bien connaître leurs rejets et les interférences spécifiques qui y sont associées (effets matrice, interférences, rejets salins ou particulièrement concentrés...).

Les principales sources d'informations consultées pour établir les recommandations pour une analyse de qualité sont :

- Une enquête auprès d'experts nationaux et internationaux. Les sociétés spécialisées dans l'instrumentation et l'analyse en ligne des rejets ont été contactées.
- Le site de l'Agence pour l'Environnement du Royaume Uni (spécifiquement pour les COV)
- Le site de l'EPA dédié aux méthodes d'analyses des déchets.
- Le site d'AQUAREF, et particulièrement les "fiches méthodes"³⁰ dédiées au prélèvement et à l'analyse des substances émergentes, lorsqu'elles existent.
- Toute autre source spécifique pertinente.

Pour les substances "difficiles", récentes, encore rarement dosées dans les rejets et/ou en concentrations très faibles (substances pharmaceutiques, certains pesticides), ou posant des difficultés analytiques (ex. PCB), les laboratoires d'analyses reconnus pour leur excellence sont signalés.

L'objectif de ces recommandations est de garantir un niveau de contrôle effectif des substances dans les rejets, ou à tout le moins de caractériser le niveau de sensibilité techniquement possible à atteindre en routine. Elles sont formulées dans l'esprit des "Meilleurs Techniques Disponibles". Dans cet esprit, les éventuelles incompatibilités entre les capacités analytiques actuelles et les niveaux d'exigences de la réglementation sont répercutées dans les fiches substances (rapport NQE/LQ par exemple).

³⁰ http://www.aquaref.fr/methodes_validees

Limites analytiques

Un rapport d'étude de l'INERIS portant sur la caractérisation des sites pollués (INERIS, 2005), signale que, en tout état de cause, en cas de non détection d'une substance, il est impossible de se prononcer avec certitude sur son absence totale dans la matrice analysée lorsque les données documentaires font apparaître sa présence comme vraisemblable. Ce constat reste transposable à des eaux usées industrielles. En dehors du fait de se prononcer sur la présence ou l'absence d'une substance, il est important de caractériser cette matrice avec une précision suffisante pour aboutir à une évaluation conclusive, notamment au regard d'un seuil.

Une note de ce rapport (INERIS, 2005) précise que le laboratoire d'analyses se prononce par rapport à un seuil, appelé limite de détection/quantification (LD/LQ), par définition différent de zéro. Ce seuil peut varier d'un laboratoire à un autre puisqu'il dépend notamment des protocoles et procédure internes du laboratoire, des limites techniques du matériel utilisé et des caractéristiques intrinsèques de l'échantillon. Une détection sans quantification apporte une valeur par défaut (LD), en même temps qu'une borne par excès de la mesure.

Une attention particulière a été portée aux caractéristiques spécifiques de certains rejets d'installations du secteur du déchet.

5.2. Les prélèvements

Les règles de l'art en matière de prélèvements sont établies à partir d'une synthèse des normes européennes en vigueur. Une enquête auprès des partenaires du réseau d'ARCADIS et de POLDEN a permis de dégager les difficultés et les caractéristiques spécifiques des rejets de l'industrie du secteur du déchet.

Les principales sources d'informations consultées pour établir les recommandations pour un prélèvement de qualité sont :

- Le site de l'Agence pour l'Environnement du Royaume Uni (spécifiquement pour les COV)
- Le site de l'EPA ;
- Le site d'AQUAREF, et particulièrement les "fiches méthodes" dédiées au prélèvement des substances émergentes, lorsqu'elles existent.
- Le site de l'INERIS, et particulièrement les "fiches de données toxicologiques et environnementales" décrivant les méthodes de détection et de quantification dans l'environnement de certaines substances dangereuses ;
- L'Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/2009 ;
- La Norme NF EN ISO 5667-3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau ;
- Le guide de prélèvement pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement (Réf. FD T 90-523-2)
- Les documents BREFS :
 - Systèmes communs de traitement des eaux et gaz résiduaux dans l'industrie chimique ;
 - Industries de traitement des déchets ;
 - Incinération des déchets
- Une enquête auprès d'experts nationaux et internationaux.
- Le Retour d'expérience ARCADIS ;
- Des publications scientifiques diverses (Technique, Sciences et Méthodes ; IRSTEA ; Environnement et Technique, ...)

5.2.1. Echantillonnage et sous-échantillonnage sur site

L'échantillonnage est l'un des points clef dans un programme de surveillance analytique d'un site. Une mauvaise mise en œuvre du prélèvement risque d'introduire dans l'échantillon des substances absentes de l'effluent ou inversement. Bien que le matériel soit réglementé lors du prélèvement, l'expérience des préleveurs joue un rôle primordial sur cette opération, de même que le choix du lieu où est réalisé l'échantillon. (Jean-Philippe Circal, directeur développement de SGS Environnement en France (HYDROPLUS, 2012)).

Les prescriptions techniques applicables aux opérations de prélèvements et d'analyses décrites dans l'annexe 5 de la Circulaire du 5 janvier 2009, ne sont pas suffisamment explicites sur certains points et notamment concernant le conditionnement des échantillons. Aucun protocole d'homogénéisation n'est défini afin d'assurer un échantillon représentatif de l'effluent en limitant le risque de contamination et/ou d'adsorption et d'assurer la qualité des données de concentrations obtenues (constituer des sous-échantillons provenant d'un même échantillon de nature équivalente).

La qualité du sous-échantillonnage sur site de l'échantillon prélevé en vue de le conditionner dans différents flacons destinés à l'analyse a un impact significatif sur les résultats d'analyse. En pratique, sur le terrain, il est fréquent de passer d'un bidon de 15 litres à plusieurs petits flacons de 1 litre ou moins. De plus chaque organisme préleveur utilise sa propre méthode : agitation manuelle ou mécanique, continue ou séquencée...

Dans le cadre du programme d'activité AQUAREF et du partenariat ONEMA – Cemagref (Irstea), pour l'année 2011, au titre de l'action I-B-02 – Appui aux donneurs d'ordre, surveillance rejets, domaine Qualité de l'eau (cours d'eau, plans d'eau, masses d'eau de transition) - un guide technique opérationnel a été réalisé.

Ce guide est le résultat des retours d'expériences et des travaux des six groupes de travail techniques. Il présente de manière opérationnelle et synthétique les informations techniques, les préalables et les exigences, relatives aux précautions nécessaires à prendre lors du prélèvement lorsque celui-ci a pour but de rechercher et quantifier des micropolluants. Ce document actuellement en version projet est disponible sur le site Aquaref³¹. Ce document concerne principalement les précautions d'échantillonnage spécifiques au contexte des micropolluants en stations d'épuration. (Eymery, Choubert, Lepot, Gasperi, Lachenal, & Coquery, 2011)

5.2.2. Retour d'expérience des organismes réalisant des prélèvements

Un interlocuteur d'un laboratoire international d'analyses confirme que la méthode d'échantillonnage des eaux usées est complexe et induit forcément des incertitudes sur la représentativité de la mesure par rapport à l'état initial de l'effluent au moment où il est prélevé. Les effluents sont généralement stockés en bassins de rétention. Les prélèvements d'eau sont effectués dans les bassins, mais aucune technique ne permet l'homogénéisation du contenu du bassin de stockage afin de s'assurer de la représentativité des échantillons prélevés. Du fait de la présence d'une crépine ou d'un élément particulier dans l'architecture du bassin, certaines zones peuvent présenter des concentrations particulières en substances dangereuses, différentes du reste du bassin.

Certains organismes réalisant des prélèvements ont mis en place un certains nombres de mesures pour faire face à ces problématiques. Veolia Eau a développé, en lien avec le laboratoire CAE (Centre d'analyses environnementales) du groupe Veolia Environnement, des protocoles de prélèvement spécifiques RSDE.

Suez Environnement a constitué un groupe de personnes « sensibilisées à la problématique des micropolluants, aux conditions de prélèvement, aux blancs à réaliser, au matériel adapté et à l'interprétation des résultats. (HYDROPLUS, 2012)

³¹ <http://www.aquaref.fr/journee-de-restitution-et-echange-pratiques-echantillonnage-et-de-conditionnement>

Le laboratoire national de référence pour la surveillance des milieux aquatiques Aquaref travaille actuellement à la définition et au partage d'un nouveau savoir-faire relatif au prélèvement et à l'analyse des micropolluants dans les eaux. Un essai collaboratif sur le prélèvement automatisé en rejet canalisé a ainsi été organisé du 30 janvier au 1^{er} février 2012, sur la station d'épuration urbaine de Boissettes, en Seine-et-Marne. L'objectif était de tester sur le terrain des conditions d'échantillonnage variées, avec des pratiques et des appareils différents, afin de valider des prescriptions techniques spécifiques au prélèvement en rejet canalisé. (HYDROPLUS, 2012).

Les "fiches méthodes" dédiées au prélèvement des substances émergentes, disponibles sur le site Aquaref font parties des principales sources d'informations consultées pour établir les recommandations pour un prélèvement de qualité.

5.3. L'analyse des substances

Rappel : la future directive européenne sur l'assurance et le contrôle qualité devrait imposer aux laboratoires de proposer des limites de quantification inférieures au tiers des NQE et de proposer des méthodes permettant d'assurer un niveau d'incertitude inférieur à 50% ($k=2$) au niveau de la NQE.

5.3.1. Recommandation générale pour une qualité optimale des résultats d'analyse (Ghestem, Cruzet, & Girardot, 2008)

- La justesse des analyses réalisées par un laboratoire devrait être estimée grâce à la participation à des essais interlaboratoires et/ou à l'utilisation de matériaux de référence certifiés (si disponibles). Ces outils devront couvrir la totalité des éléments analysés et être adaptés au maximum aux niveaux concentrations analysées (on pourra si nécessaire procéder par dilution des échantillons de référence pour couvrir les teneurs faibles comprises entre la limite de quantification (LQ) et 10 fois la LQ et vérifier la justesse et la précision des analyses à ces teneurs). Si ces outils n'existent pas pour certains éléments, des analyses de solutions d'étalonnage d'une origine différente de celles ayant servi à l'étalonnage doivent être réalisées et des critères d'acceptation définis.
- Il est recommandé de choisir un matériau de référence (échantillons d'essai interlaboratoires par exemple) et d'analyser ce matériau dans chaque série analytique. L'exploitation des résultats permettra de vérifier la justesse des résultats dans chaque série et également d'estimer la fidélité de la méthode.
- Des blancs seront également réalisés systématiquement afin de contrôler les contaminations analytiques.

Des experts de l'analyse des substances dans les effluents ont été consultés dans des laboratoires de dimension européenne (France, Belgique, Hollande Allemagne).

Pour certaines substances ou familles de substances, les interférences connues avec des caractéristiques spécifiques aux rejets des industries du déchet ont été soulignées. C'est en particulier le cas du dosage des métaux dans des effluents salins. Dans la mesure du possible, des solutions ont été proposées. En l'absence de solution satisfaisante pour améliorer la précision et l'exactitude des analyses, cette lacune technologique est explicitement soulignée.

5.3.2. Retours d'expériences sur l'analyse des substances dangereuses dans les rejets

On notera que dans les autres pays européens, **l'analyse des substances préoccupantes se fait usuellement dans le milieu naturel et non pas dans les rejets industriels**. C'est notamment le cas de l'Allemagne. Les retours d'expérience sont donc recherchés aux USA où les pratiques d'analyses dans les rejets sont plus anciennes.

Un laboratoire consulté signalait qu'**en Allemagne, la démarche de recherche des substances dangereuses dans l'environnement était très différente de la démarche française** (pour - selon eux- une meilleure efficacité en termes de réponse aux problématiques inhérentes à la Directive Européenne). La démarche allemande a été la suivante : plutôt que de partir de chaque type d'entreprise ou d'industrie pour identifier les substances présentes dans l'eau (sachant que les teneurs sont généralement très basses et les matrices complexes à analyser), le programme de recherche s'est orienté directement sur les principaux fleuves allemands, où des analyses ont permis de déterminer la présence ou non des substances dangereuses dans les eaux. Les fleuves estimés non contaminés ont été écartés de l'étude. Pour les fleuves contaminés par des substances dangereuses, des analyses ont été réalisées au droit de leurs différents affluents. En procédant de la sorte, le réseau hydrologique a été remonté afin de déterminer quelles étaient les industries à l'origine de l'émission des substances dans l'environnement.

Un laboratoire consulté a signalé en particulier que **les essais circulaires qui sous-tendent les accréditations des laboratoires d'analyses portent sur des échantillons d'eaux propres** et des échantillons d'eaux usées dont les caractéristiques sont celles d'effluents de stations d'épuration domestiques, matrices qui sont bien différentes des effluents industriels (qui plus est, pour des raisons de stabilité et d'homogénéisation, ces échantillons sont reconstitués artificiellement). Il déplore que dans le cadre de la campagne du RSDE, l'étude des interférences analytiques liées à la nature des échantillons d'eaux usées n'ait pas été exigée des laboratoires, ce qui fait que l'augmentation des limites de quantification par rapport à ceux annoncés n'a pas été justifiée. Il confirme que les très faibles concentrations de certaines substances présentes dans les rejets rendent leur quantification difficile. Par ailleurs, la réalisation même des "blancs" analytiques est une opération parfois délicate au vu de la faiblesse des seuils à considérer. En dépit des précautions (nettoyage de la vaisselle, des tubulures, pureté des réactifs...) les "blancs" peuvent malgré tout contenir des substances dangereuses résiduelles liés à la contamination des appareils ou des flacons. Cette situation contribue à augmenter les limites de quantification.

Cas particulier des substances pharmaceutiques et phytopharmaceutiques de la liste complémentaire

La présence de médicaments et de substances phytopharmaceutiques dans l'environnement est une préoccupation relativement récente. Leur analyse dans les matrices environnementales (effluents, eaux, sols) pose différents problèmes techniques (concentrations très faibles, nombreuses interférences avec les effluents, rares laboratoires compétents, absence de solutions étalons dans le commerce...).

Des travaux scientifiques récents sont toutefois disponibles et nous avons pu disposer d'informations de qualité, bien que lacunaires, pour les quatre substances pharmaceutiques étudiées, ainsi que pour la plupart des pesticides de la liste complémentaire.

6. Volet 3 : Technologies disponibles pour la réduction des émissions

Les données présentées dans les fiches réduction des émissions sont majoritairement issues de documents traitant de l'épuration des eaux usées domestiques. Lorsque des informations sont disponibles sur différentes méthodes d'atténuation de substances précises dans les eaux ces données concernent toutefois majoritairement le traitement en STEP ou sur le traitement des eaux brutes destinées à la potabilisation et portent essentiellement sur les substances soumises à des normes de rejet.

Des données de ce type sur des effluents industriels restent exceptionnelles. Peu d'informations sont spécifiques aux rejets des industries du secteur du déchet malgré une recherche approfondie auprès des réseaux d'experts, des sites français et internationaux dédiés aux BREF et auprès des sources scientifiques diverses.

L'une des explications à ce manque de données et que la législation sur les normes de rejet ne concerne pas encore assez les substances prioritaires.

6.1. Fiches "réduction des émissions"

Les fiches de l'étude transversale confiée à l'IRH par les Agences de l'Eau, présentent de façon relativement exhaustive les grandes familles de techniques de réduction des substances dans les rejets actuellement disponibles. Le contenu de ces fiches a été repris et complété par les techniques spécifiquement adaptées aux activités du secteur du déchet, en mettant en évidence les paramètres à même d'influencer sur les rendements des traitements et les combinaisons de traitements connus pour améliorer l'abattement des substances dangereuses. Le cas échéant, les limites à certains types de traitements sont soulignées. Dans la mesure du possible, lorsque les données ont été publiées ou font l'objet de documents promotionnels, les valeurs de rendement, d'efficacité... sont fournies. Ce volet de l'étude repose également en partie sur la valorisation des connaissances du réseau d'experts d'Arcadis.

Comme pour les fiches substances, les informations recueillies dans le cadre de la recherche de solutions pour la réduction des émissions de substances prioritaires font l'objet de fiches construites sur la trame du document de l'IRH consacré aux traitements. Seuls les points spécifiques aux industries du secteur du déchet sont développés. Ces fiches "réduction des émissions" sont établies sous la forme de "meilleures techniques disponibles". Les démarches proposées comprennent en particulier les stratégies de gestion des déchets, la gestion des flux, la caractérisation des traitements... de manière à permettre une vision globale de la filière "déchets" dans la démarche RSDE. Une fiche synthétique par type de traitement, incluant les substances dangereuses (au titre RSDE) générées, qu'elles soient néoformées, issues des réactifs utilisés sur le site ou des déchets eux-mêmes ont été rédigés. Aux documents existants de l'IRH, de nouvelles fiches ont été créées pour prendre en compte les pratiques de lagunage et l'évapo-concentration, évapo-condensation.

Les fiches concernant les traitements suivants sont fournies en annexe :

- | | |
|--|-----------------------------------|
| - adsorption | - oxydation incinération |
| - filtre à sable continu | - oxydation par voie humide |
| - électrodialyse | - oxydation et réduction chimique |
| - techniques membranaires | - stripping |
| - échange d'ions | - perévaporation |
| - traitements biologiques | - traitement à l'ozone |
| - coagulation, floculation, décantation, aéroflotation | - phytoremédiation |
| - évapo-concentration, évapo-condensation | - lagunage |

L'objectif visé est de préconiser une technologie de traitement le plus efficient possible pour un volume d'effluent le plus réduit possible, de façon à limiter la dilution des substances prioritaires, au risque de laisser passer des flux significatifs d'émissions non quantifiables. En optimisant la spécificité des traitements et leurs performances, une telle démarche doit permettre de réduire les coûts de traitements spécifiques aux seuls volumes impactés par la présence de ces substances.

Les principales sources d'informations consultées pour établir les recommandations pour une réduction des substances dans les rejets considérés sont les suivantes :

- Des enquêtes auprès d'experts internationaux européens et du continent Sud Américain;
- Les sites français et internationaux dédiés aux BREF (INERIS, EPA, ADEME, Techniques de l'ingénieur ...);
- Des sources scientifiques diverses (ouvrages techniques, revus scientifiques, thèses...)

La phase de recherche bibliographique a montré que si des informations étaient disponibles (chiffrées, comparées) sur différentes méthodes d'atténuation (voire la suppression) de substances précises dans les eaux, avec des exemples concrets de suivi de sites sur plusieurs années, ces données concernaient toutefois majoritairement le traitement en STEP ou sur le traitement des eaux brutes destinées à la potabilisation ; elles portent essentiellement sur les substances soumises à des normes de rejet. Des données de ce type sur des effluents industriels restent exceptionnelles. L'une des explications à ce manque de données est que la législation sur les normes de rejet ne concerne pas encore assez les substances prioritaires.

6.2. Documents de référence

La recherche bibliographique effectuée sur les sites dédiés au BREF et dans les diverses sources scientifiques a permis d'apporter des éléments concernant les performances des traitements sur les substances prioritaires. Les principales sources exploitées dans les fiches réductions sont présentées ci-dessous.

6.2.1. AMPERES

Le projet de recherche Amperes (Analyse de Micropolluants Prioritaires et Emergents dans les Rejets et les Eaux Superficielles) a été réalisé et coordonné par le Cemagref en collaboration avec l'université de Bordeaux, Suez-Environnement et l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, et avec le soutien de l'Agence Nationale de la Recherche.

Ce projet, mené entre 2006 à 2009, avait pour objectifs principaux de :

1. maîtriser des méthodes analytiques pour les substances prioritaires et émergentes dans des matrices complexes (eaux usées / boues) ;

2. quantifier les flux émis et les performances de traitement par les stations d'épuration (traitements biologiques) ;
3. identifier les traitements tertiaires efficaces.

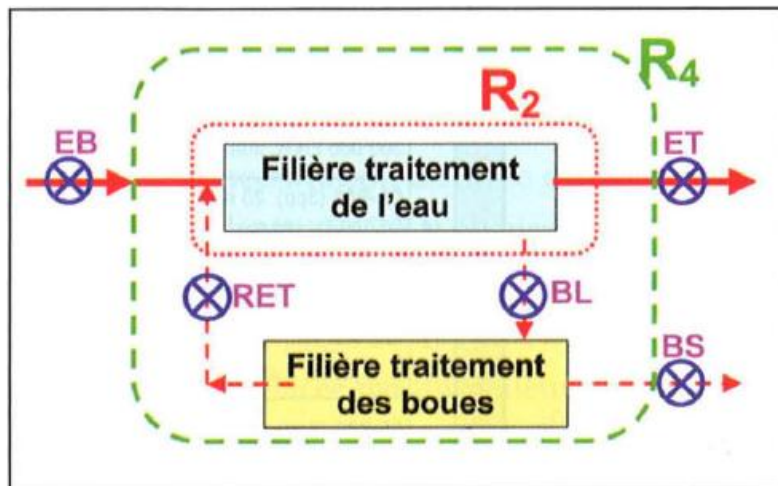
Dans le cadre de l'élaboration des fiches réductions les informations issues des diverses publications liés à ce projet ont permis d'apporter des précisions aux fiches IRH.

Remarque et limites des informations issues du projet AMPERES

L'évaluation des procédés a porté sur 21 **stations d'épurations d'eaux usées domestiques**. Les caractéristiques des flux entrants sont donc différentes de celles des déchets entrants dans les industries du secteur du déchet.

Au sein des stations d'épurations d'eaux usées domestiques, les résultats du projet AMPERES concernent essentiellement les résultats de la **filière « boues activées en aération prolongée »** qui est la plus répandue en France.

Les rendements sont fonctions des stratégies d'échantillonnage (Choubert, et al., 2011) :



EB : eau usée brute ; ET : eau traitée ; BL : boue liquide ; BS : boue sèche ; RET : retour en tête.

Figure 1. Positionnement des points d'échantillonnage pour le calcul des rendements R_2 (filière eau) et R_4 (filière globale)

R_2 : rendement de la filière eau qui traduit la réduction de la concentration en micropolluants entre l'entrée et la sortie d'une station, ou d'une étape du traitement. Ce descripteur prend en compte le piégeage des micropolluants des matières en suspension (MES) de l'eau brute, les processus d'adsorption/ transfert vers les boues, de biodégradation et de volatilisation.

R_4 : rendement d'élimination globale des substances qui prend en compte le flux de micropolluants transférés vers la filière boue, et le flux de micropolluants réintroduits dans la filière « eau » par le retour en tête. Ce descripteur permet, pour une substance, d'évaluer l'importance des processus de transformation (dégradation, conversion) ou d'évaluer si celle-ci est simplement stockée dans les boues.

Dans le cadre de la poursuite du projet AMPERES deux projets sont actuellement en cours :

Le projet ARMISTIQ (Amélioration de la Réduction des Micropolluants dans les Stations de Traitement des eaux usées domestiques) qui porte sur les performances et limites des procédés d'intensification du traitement des micropolluants avec les possibilités d'optimisation des traitements biologiques secondaires, les potentialités et évolutions attendues des traitements tertiaires oxydants (procédés intensifs) ou adsorbants (procédés extensifs), ainsi que celles des procédés pour le traitement des boues.

Le projet ECHIBIOTECH (outils innovants d'échantillonnage, d'analyses chimiques et biologiques pour le suivi de traitement avancés des eaux usées et des boues) dont l'un des objectifs est d'affiner le diagnostic de performances des procédés tertiaires et de traitement des boues.

Les conclusions de ces projets sont attendues pour 2012 et 2013.

6.2.2. EPA – Contaminants of Emerging Concern (CEC)

Un grand nombre des publications disponibles sur le site de l'US-EPA (<http://www.epa.gov/>) concerne le traitement des eaux urbaines (station d'épuration) et/ou le traitement des eaux potable.

Peu d'études sont menées sur le traitement des eaux industrielles provenant des secteurs des déchets. Ceci pose un problème au niveau de la comparaison des taux de performance d'une activité à l'autre. En effet les eaux municipales présentent généralement une forte charge organique ce qui n'est pas le cas forcément pour les eaux de rejet du secteur du déchet.

Suites aux préoccupations émergentes concernant l'impact possible des produits pharmaceutique, des détergents, des hormones et autres produits chimiques sur la santé humaine et les organismes aquatiques, l'EPA a publié en août 2010 un rapport référençant les publications relatives à l'efficacité des technologies de traitements sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern).

Les CEC sont classés selon les catégories suivantes :

- Substances pharmaceutiques et produits de soins personnels
- Stéroïdes et hormones ;
- Pesticides ;
- Nonlyphenols, octylphenol, et alkylphenol ethoxylate (APEs) ;
- Biphenyl ether polybromés (PBDE) retardateurs de flammes;
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ; et
- Autres produits chimiques : ex. bisphenol A, retardateurs de flammes et agents plastifiants

Les résumés et résultats des études, menés principalement aux États-Unis, au Canada et en Europe sont compilés et disponibles dans une base de données créée par l'EPA et consultable sous Microsoft Access.

Les données disponibles ont été intégrées aux différentes fiches traitements en fonction de l'intérêt et de l'existence de données.

Limites

La quasi-totalité des études référencées dans ce/cette rapport/base de données concernent le traitement des eaux municipales et les eaux potables. En effet sur les 400 études sur les CEC seules 88 ont été considérées cohérentes et exploitables. 596 systèmes de traitements différents sont référencés :

- 199 systèmes de traitement à échelle industrielle ;
- 135 systèmes de traitement à échelle pilote ;
- 262 systèmes de traitement à échelle laboratoire.

La représentativité des données disponibles par rapport aux effluents issues du secteur du déchet est posée. En effet, seules deux études concernent des eaux usées industrielles (échelle pilote) contre par exemple 191 études sur les eaux municipales.

6.2.3. Projet « Stratégie Micropoll »

Ce descriptif est tiré du rapport final sur les essais pilotes à la station d'épuration de Vidy Lausanne (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011).

Le projet « Strategie Micropoll » mené par l'Office fédérale de l'environnement (OFEV) suisse est un programme sur le développement de mesures contre les micropolluants provenant de l'assainissement urbain. Dans le cadre du projet, deux traitements biologiques et deux traitements avancés ont été testés à grande échelle à la STEP de Vidy (Lausanne) (220'000 équivalents-habitants) pendant plus d'une année.

Les installations pilotes construites à la STEP de Vidy pour l'élimination des micropolluants se composent de :

- Un traitement biologique à lit fluidisé, d'une capacité de 80 l/s, permettant une nitrification totale de l'ammonium (<2 mgN-NH₄/l). Ce procédé doit permettre une meilleure élimination des micropolluants biodégradables que les boues activées forte charge actuelles ;
- Une installation d'ozonation des effluents de l'étage biologique, suivie d'une filtration sur sable, d'une capacité de 100 l/s, permettant en principe d'éliminer la plupart des micropolluants non éliminés dans le traitement biologique et de désinfecter partiellement l'effluent ;
- Une installation de traitement par adsorption sur charbon actif en poudre suivi d'une ultrafiltration, d'une capacité de 10 l/s et traitant les effluents de l'étage biologique. Ce procédé, en parallèle à l'ozonation, a également pour but d'éliminer les micropolluants non dégradables, et doit permettre en plus une désinfection totale de l'effluent grâce à l'ultrafiltration.

Les principaux objectifs du monitoring ont été de :

- Evaluer l'efficacité des traitements pour l'élimination de certains micropolluants (produits pharmaceutiques, pesticides, substances à effet hormonal) ;
- Evaluer la qualité des effluents en sortie des traitements avancés.

L'efficacité des installations pilotes a été mesurée grâce à des campagnes d'échantillonnage et d'analyses :

- 24 petites campagnes de 24h ont été réalisées pour déterminer la concentration de 21 micropolluants dans les différents points d'échantillonnage, ainsi que les paramètres classiques des eaux usées (DCO, COD, azote, phosphore, ...). Ces campagnes ont été utilisées pour optimiser le fonctionnement des installations ;
- 4 grandes campagnes de 7 jours ont été réalisées afin de déterminer l'élimination des micropolluants et la toxicité dans les effluents. En plus des analyses faites lors des petites campagnes, 37 micropolluants supplémentaires ont été analysés, et une vingtaine de tests écotoxicologiques ont été effectués.

Les échantillons ont été prélevés en entrée de STEP, à la sortie du traitement biologique, à la sortie de l'ozonation, à la sortie de la filtration sur sable suivant l'ozonation et à la sortie de l'installation CAP-UF. L'échantillonnage s'est fait proportionnellement au temps (automatiquement toutes les 15 minutes) afin d'obtenir des échantillons composites de 24h

Correspondance avec l'étude RECORD et méthodologie appliquées :

Les substances dangereuses qui correspondent entre l'étude RECORD et le projet Stratégie Micropoll sont les suivantes :

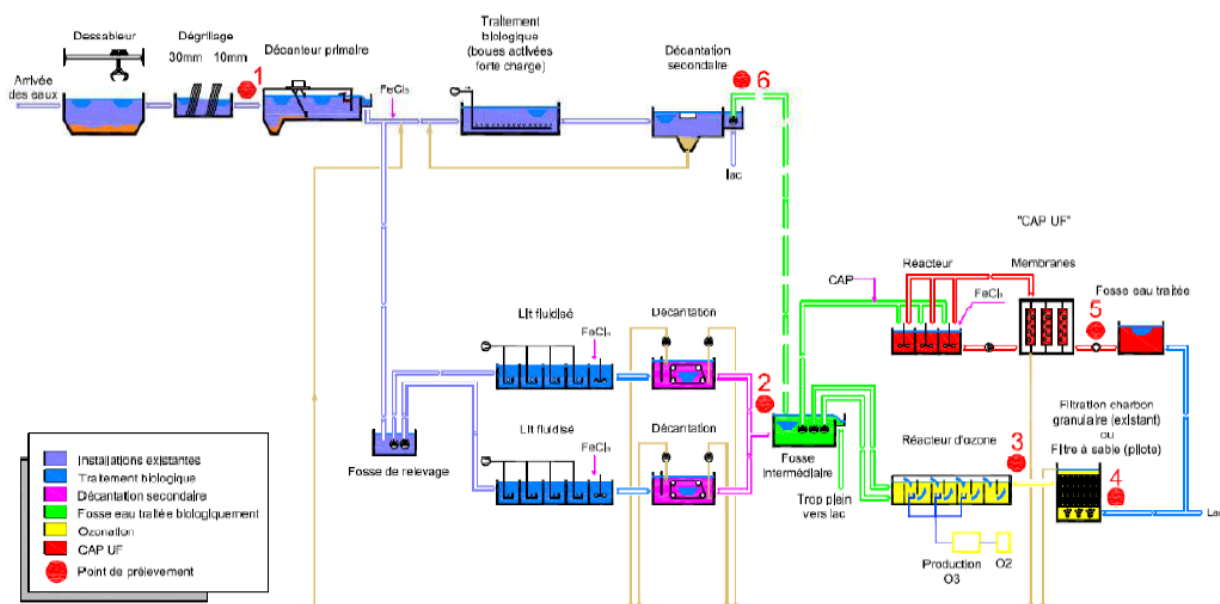
- | | | |
|---------------|---------------|------------------------------|
| - Ibuprofène | - Isoproturon | - 17β-estradiol (E2) |
| - Nonylphénol | - Terbutryne | - 17α-éthinyloestradiol (EE) |
| - Diclofénac | - Atrazine | |
| - Diuron | - Irgarol | |

Les résultats présentés dans les fiches atténuation sont basés sur les abattements calculés comme suit :

- Lorsque la substance n'est pas détectée en sortie de traitement (concentration inférieure à la limite de détection LD), alors la valeur de la LD est utilisée pour le calcul (représentant l'abattement minimum) ;
- Si la concentration en sortie est inférieure à la limite de quantification (LQ valant 3.33 fois LD) et que l'abattement est inférieur à 80%, alors l'abattement n'est pas considéré. Ce critère permet de supprimer les substances dont l'élimination n'est pas quantifiable.

Les points de prélèvements sont les suivants :

1. A l'entrée de la STEP après le dessableur et le dégrilleur, afin d'éviter un colmatage des échantillonneurs par des déchets grossiers ;
2. Après le traitement biologique sur lit fluidisé et le décanteur secondaire ;
3. Après l'ozonation ;
4. Après la filtration suivant l'ozonation (filtre à charbon granulaire ou à sable) ;
5. Après l'ultrafiltration du système à charbon actif en poudre ;
6. Après le traitement biologique actuel (boues activées) de la STEP (sortie actuelle vers le lac).



Les concentrations d'entrées moyennes utilisées pour les calculs d'abattement sont les suivantes :

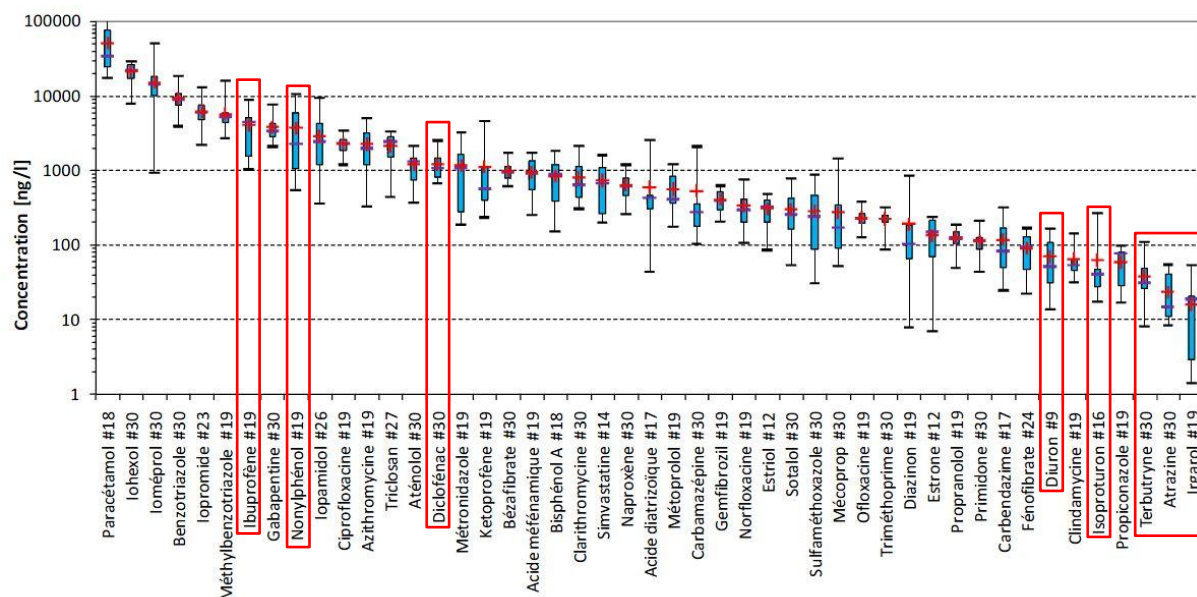


Figure 23 : Concentration moyenne journalière en entrée de STEP des 47 substances détectées (échelle logarithmique). Le numéro (#) indique le nombre d'analyses effectuées pour la substance. Représentation avec les quartiles 25-75% (rectangle bleu), les valeurs minimum/maximum, la médiane (-) et la moyenne (+).

Source : (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011)

Il a été observé pour la majorité des campagnes que les concentrations du diclofénac dans le traitement biologique et du nonylphénol durant l'ozonation ont augmenté de plus de 20%. Les hypothèses pour expliquer ses augmentations sont les suivantes (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011) :

- Contamination lors de l'échantillonnage (relargage dans la tuyauterie ou dans les préleveurs, etc.) ou lors des analyses (probable pour certains composés présents dans de nombreux produits comme le nonylphénol et le diclofénac. Ces produits se retrouvant également dans les blancs lors des analyses) ;
- Désorption des molécules présentes sur les matières en suspension (possible pour les substances plutôt hydrophobes comme le nonylphénol (Jelic, et al., 2010)) ;
- Dans la biologie, transformation de molécules conjuguées ou de métabolites (non recherchées) en molécules originales (Joss, et al., 2005) (par ex. transformation des nonylphénol éhoxyates en nonylphénol (Soares, et al., 2008), ou du N4-acétylsulfaméthoxazole en sulfaméthoxazole (Gotz, et al., 2010a)) ;
- Mode d'échantillonnage ne tenant pas compte du temps de transit dans la chaîne de traitement, estimé entre 9h et 12h par temps sec, comparé à des échantillons de 24 à 72h.

Remarque (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011) :

L'augmentation du nonylphénol durant l'ozonation est surprenante, ce composé ayant une forte réactivité avec l'ozone (Ning, et al., 2007). L'explication la plus probable est une contamination dans la tuyauterie ou dans les préleveurs, ou des incertitudes analytiques (les concentrations mesurées étant très proches de la limite de quantification). Les valeurs pour cette substance doivent donc être considérées avec précaution. D'autres études montrent cependant que le nonylphénol n'est que faiblement éliminé (6 à 67%) lors de l'ozonation des eaux usées (Nakada, et al., 2007) (Schaar, et al., 2010) (Martin, et al., 2011).

6.2.4. Directive IPPC et documents de référence sur les MTD (BREF)

Les mesures relatives à la mise en place des MTD sont présentées en annexe de ce document. 3 documents de référence concernent le secteur du déchet :

- ✓ Traitement des déchets d'août 2006 ;
- ✓ Incinération des déchets d'août 2006 ;
- ✓ Emissions dues au stockage des matières dangereuses ou en vrac d'août 2006 ;

Un document complémentaire a été fortement utilisé dans l'élaboration des fiches traitement. Il s'agit du document relatif aux :

- ✓ Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique de février 2003.

Dans les BREF du déchet, peu d'éléments techniques sont apportés quant à la réduction / suppression des substances dangereuses contenues dans les effluents liquides des secteurs du déchet. Ces documents concernent davantage les techniques de traitement et la description des techniques à mettre en place.

Les données présentées dans les fiches concernent essentiellement le BREF des Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique. En effet des performances de traitement sur les substances prioritaires sont parfois disponibles et permettent de renseigner la fiche traitement dédiée.

Ces données doivent cependant être considérées comme liées à une activité de type chimique. Les effluents sont souvent plus concentrés et avec des débits plus importants. Une correspondance avec les effluents liquides du secteur du déchet est difficile (débit variable, traces de polluants, matrices non homogènes...)

6.2.5. Autres sources consultées

Les sources bibliographiques exploitées pour la rédaction des fiches "réduction des émissions" concernent en grande majorité les fiches technico-économique de l'INERIS³² et les publications disponibles sur le site des techniques de l'ingénieur³³. Ces deux principales sources ont permis d'apporter des précisions sur les technologies de traitement et sur les coûts éventuels de leur mise en œuvre.

Les fiches technico-économique de l'INERIS sont en cours de rédaction et ne concernent actuellement pas l'ensemble des substances prioritaires. De plus les données disponibles proviennent essentiellement des documents de référence (BREF) et des industries chimiques.

Les publications des Techniques de l'ingénieur disponibles commencent à faire référence aux substances prioritaires. Bien que les données disponibles fassent références aux traitements des polluants « classique » la prise en compte des micropolluants commence à faire l'objet de paragraphe dans diverses études.

De nombreuses autres sources ont également été consultées et exploitées pour la rédaction des fiches traitement :

- ✓ Thèses ;
- ✓ Articles scientifiques (Technique Science et Méthode,...) ;
- ✓ Publication ADEME ;
- ✓ Ouvrages scientifiques (Crini & Badot, 2007) (Degrémont, 2005)... ;
- ✓ Etc...

Limites

Ces sources traitent en général d'effluents urbains et industriels. Une correspondance avec les effluents issus du secteur du déchet est donc difficile.

³² http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php

³³ <http://www.techniques-ingenieur.fr/>

6.3. Etat de l'art en Belgique : plateforme EMIS

L'enquête menée auprès d'experts belges du réseau ARCADIS a fait ressortir le type de démarche actuellement mené en Belgique en matière de MTD.

EMIS pour Energie Milieu Information Système est un portail d'information financé par la région Flandre. Ce portail permet d'accéder entre autres à :

- la nouvelle réglementation environnementale en vigueur dans les 3 régions de Belgique (Wallonie, Flandres et Bruxelles) ;
- toutes les données relatives aux MTD ;
- des bases de données de fournisseurs et experts dans le domaine de l'environnement ;
- des fiches techniques dans le domaine de l'eau (WASS) et l'air (LUSS)

Les données relatives aux MTD proviennent de la directive européenne IPPC mais surtout d'un groupe de réflexion dirigé par l'institut flamand de recherche technologique (VITO). Ce groupe de réflexion/travail a la responsabilité d'une cellule MTD dont le rôle est :

- De définir les MTD pour certains secteurs dans la région Flandres. Le choix des secteurs est fait par l'administration et le ministère de l'environnement de la région Flandres. Le focus est fait sur les secteurs qui ne sont pas traités dans les documents BREFs et/ou pour lesquels la législation est obsolète.
- De représenter la Belgique dans le cadre du "processus de Séville", correspondant à l'échange d'informations pour mettre la directive IPPC en pratique.

Les documents présentant les MTD de VITO sont le résultat d'un consensus au niveau de la région Flandres.

Les conclusions finales sont préparées soit par le groupe de réflexion/travail, soit un bureau d'étude extérieur, puis sont discutées par un groupe d'experts de l'administration Flamande et du secteur concerné. VITO a ainsi permis d'élaborer des documents qui ont débouché sur une réflexion en termes de législation auprès des industriels.

Ces documents MTD en principe limités à la région Flandres constituent cependant des documents techniques qui peuvent être valables pour des régions dont la législation et l'économie sont proches de celles de la Flandre. En effet le retour d'expérience montre que la Flandre accepte comme source d'information valable :

- Des documents de l'agence environnementale du Royaume-Uni ;
- Des documents MTD de l'agence environnementale d'Irlande ;
- Des documents du VDI Allemand (Verein Deutscher Ingenieure : Association des ingénieurs allemands).

Dans le cas d'un conflit entre un document MTD d'un pays voisin et le document MTD Flamand, c'est le document Flamand qui est suivi en Flandres.

La liste des documents MTD³⁴ élaboré par VITO est à disposition sur la plateforme EMIS a permis de mettre en évidence certains documents relatifs au secteur du déchet et venant compléter les BREF actuellement validés. Ces documents concernent les sous-secteurs suivants :

- Traitement des mâchefers
- Compostage et fermentation
- Nettoyage de réservoir et barils
- Traitement des boues de dragages

Les informations pertinentes issues de ces documents rédigés en flamands sont présentées ci-dessous. Ces documents permettent d'apporter des informations complémentaires et montrent la volonté de légiférer sur les rejets liés à des sous-secteurs dans lesquels les documents BREF n'existent pas.

³⁴ <http://www.emis.vito.be/vlaamse-bbt-studies>

6.3.1. Traitement des mâchefers³⁵

Les conclusions de ce rapport sont semblables aux MTD émanant du BREF des industries de traitement des déchets. L'accent est principalement mis sur :

- Essayer prioritairement les techniques qui réduisent la consommation d'eau (entrepôt fermé, etc.). Si l'eau est nécessaire, chercher moyens de récupérer de l'eau comme eau de processus, par exemple dans un incinérateur.

Les métaux lourds sont cités comme étant les paramètres critiques de l'eau usée pour le secteur de traitement des mâchefers. Les conclusions en termes de MTD sont identiques à celles du BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique :

- Les métaux lourds ne pouvant être détruits, la récupération et la réutilisation sont les seuls moyens d'empêcher leur rejet dans l'environnement. Les autres méthodes conduisent à des transferts entre les différents milieux : eaux usées, air pollué, décharge.

Les actions préconisées suivantes sont considérées comme conformes aux MTD :

- Séparer autant que possible les eaux usées contenant des composés de métaux lourds ;
- Traiter à la source les flux d'eaux usées séparés avant de les mélanger à d'autres flux ;
- Préférer des techniques récupératives.
- Faciliter l'élimination des métaux lourds par un post-traitement final dans une station d'épuration (traitement chimico-mécanique pour les productions inorganiques, traitement biologique pour les productions organiques), suivi le cas échéant d'un traitement des boues.

6.3.2. Compostage et fermentation³⁶

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre qu'en général les eaux usées brutes des installations de compostage et de fermentation sont très peu chargées en polluants prioritaires. Il s'agit principalement de polluants organiques, de nutriments et de problèmes d'odeur

Le document VITO sur le compostage et la fermentation est principalement axé vers la problématique des odeurs et n'apporte pas d'éléments nouveaux sur la gestion des eaux usées. Les informations disponibles sont cependant les suivantes :

- **Compostage de déchets vert (EMIS)** : Les installations étant en plein air, les eaux de pluie sont fortement contaminées et doivent être collectées dans des bassins en vue d'un traitement. Ces eaux peuvent être partiellement réutilisées pour humidifier le compostage des déchets verts. L'excès d'eau peut être réduit mais aucunement évité. Les données sur la contamination de l'eau pour ce type d'installations n'apporte aucune précision sur la présence de substances prioritaires. Le traitement des eaux avant relargage vers le milieu naturel est essentiellement effectuée à l'aide de filtres hélophytes.
- **Compostage de déchet de légumes et fruits (EMIS)** : Le processus étant effectué en système fermé, moins d'eau de pluie se retrouve contaminée. De façon générale, un traitement final est également effectué à l'aide de filtres hélophytes.

Les recommandations citées dans le document et visant à réduire les émissions sont les suivantes :

Compostage en plein air

- ✓ Limitation de l'excès d'eau

³⁵ http://www.emis.vito.be/sites/default/files/pagina/bbt_bodemmas.pdf : (136 pages - en flamand)

³⁶ http://www.emis.vito.be/sites/default/files/pagina/BBT_rapport_composteerinstallaties_volledig_document.pdf (231 pages - en flamand)

- Collecte séparée des eaux pluviales polluées et non polluées
 - Installation d'un plafonnement sur certaines pièces d'installation
 - Réutilisation de l'eau contaminée pour humidifier le compost
 - Promouvoir l'évaporation de l'eau à partir du matériau de compostage
- ✓ Purification d'eaux usées par filtres hélophyte

Compostage en système fermé

- ✓ Limitation de l'excès d'eau
 - Réutilisation de l'eau contaminée pour humidifier le compost
 - Promouvoir l'évaporation de l'eau à partir du matériau de compostage
 - Collecte séparée des eaux pluviales polluées et non polluées
- ✓ Purification d'eaux usées
 - Relargage de l'eau si conforme aux normes
 - Après traitement d'eau → relargage ou envoi vers un processeur externe
 - Suppression de NH₃, suivi par purification biologique, éventuellement suivi par charbon actif ou filtration sur membrane

Digestion anaérobie

- ✓ Limitation de l'excès d'eau
 - Collecte séparée des eaux pluviales polluées et non polluées
- ✓ Purification d'eaux usées
 - Suppression de NH₃, suivi par purification biologique, purification anaérobie (récupération de biogaz) / purification aérobie également possible. Éventuellement suivi par charbon actif ou filtration sur membrane

6.3.3. Nettoyage de réservoirs et de citernes³⁷

Il s'agit d'un secteur où la problématique d'eau contaminée est très importante. Le nettoyage des réservoirs est en général réalisé par lavage et rinçage, de façon interne ou externe. Ceci donne lieu à des contaminations fortes et des compositions très variables des eaux rejetées. Une grande partie des MTD proposées dans le document visent à améliorer la qualité de l'eau usée rejetée par les industries de nettoyage de réservoirs et de citernes. De nombreuses mesures sont liées à la politique d'acceptation et au processus de nettoyage lui-même.

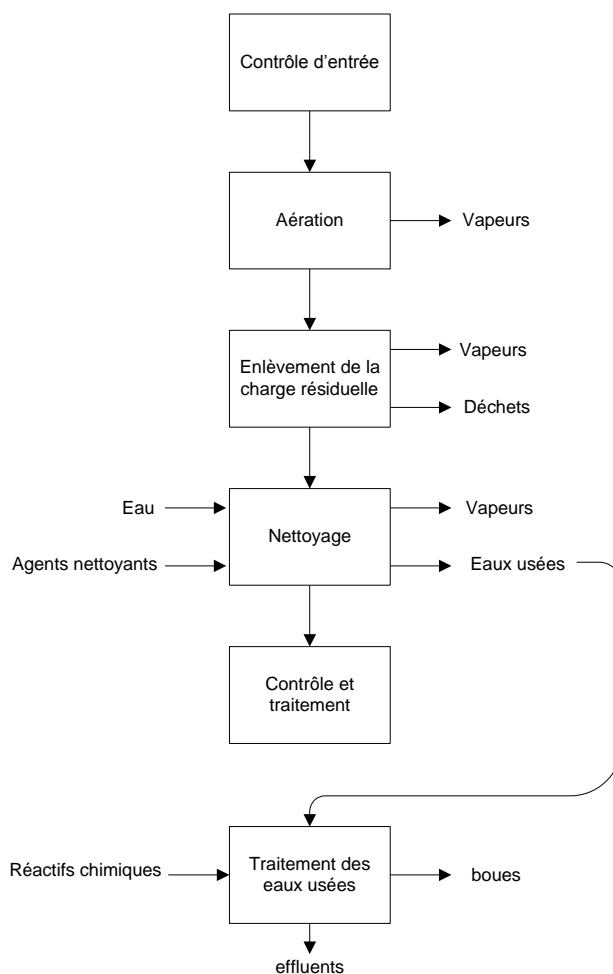
La sélection des MTD a été réalisée sur la base d'étude bibliographique, d'étude technique et socio-économique, des calculs de coûts, des visites d'usine et des discussions entre experts de l'industrie concernée.

La conclusion principale porte sur le choix des produits de purification : ils doivent être biodégradables à plus de 90% et avoir des propriétés émulsifiantes.

Remarque : Le retour d'expérience d'ARCADIS montre qu'il faut toujours effectuer un traitement biologique pour du lavage de citerne. Si non respect de cette règle il s'agit d'un comportement pirate de la part de l'industriel.

³⁷ http://www.emis.vito.be/sites/default/files/pagina/BBT_rapport_tankreiniging_volledig_rapport.pdf : (172 pages - en flamand)

Schéma de nettoyage des citernes (EMIS)



Les suggestions du document MTD nettoyage de réservoirs et de citernes relatives à des substances dangereuses sont les suivantes :

Rejets de métaux

Dans le cadre des rejets de métaux, le tableau ci-dessous dresse les valeurs de rejets atteignables dans les eaux usées.

Tableau 15 : proposition de normes de rejets en métaux pour les eaux usées (VITO)

Arsenic total	0,05 mg/L
Chrome total	0,5 mg/L
Cuivre total	0,5 mg/L
Plomb total	0,1 mg/L
Nickel total	0,5 mg/L
Zinc total	1,5 mg/L
Cadmium total	0,05 mg/L
Mercuré total	0,005 mg/L

Cadmium et mercure

Dans le cadre de la réduction du cadmium et du mercure dans les rejets, la plupart des sites obtiennent des concentrations très faibles en évitant de laver des citernes, camions etc. pour lesquels le risque de présence de Cd ou Hg existe.

L'une des MTD préconisées consiste en la précipitation de ces éléments par augmentation du pH. Les normes proposées dans le document sont les suivantes : Cd < 0,05 mg/L ; Hg < 0,005 mg/L.

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre qu'une tendance générale est d'appliquer des normes de rejets bien plus basses, par exemple Cd < 0,01 mg/L et Hg < 0,001 mg/L. Ceci vient du fait qu'une technique répandue est l'utilisation d'insolubilisant et précipitant de métaux lourds (cf. Fiche traitement physico-chimique / insolubilisation ou précipitation).

Détergents

La norme de rejet est actuellement fixée à 3mg/L.

Un traitement par adsorption sur charbon actif permet d'atteindre des taux de performance compris entre 50 et 75% pour les détergents non-ionique mais cela reste insuffisant pour atteindre une valeur de 3 mg/L.

Des recherches sont actuellement en cours pour évaluer la faisabilité d'une norme fixée à 5 mg/L.

EOX (composés Organo-Halogénés Extractibles)

Aucune norme de rejet n'est actuellement fixée. La norme de rejet souvent utilisé est de 0,03 mg/L. Un prétraitement consiste en une purification biologique mais ceci n'est pas toujours suffisant. Le traitement par charbon actif permet d'obtenir de meilleurs résultats mais cela reste difficile d'atteindre le seuil de rejet défini.

HAP et HAM (Hydrocarbure Aromatiques Monocycliques)

Le traitement des HAP et HAM est principalement réalisé par adsorption sur charbon actif considéré comme MTD.

Concernant les HAP et les HAM il n'existe pas de normes de rejets déterminées. Les normes souvent utilisées fixent des seuils compris entre :

- 0,0006 et 0,01 mg/L pour les HAP
- 0,006 et 0,200 mg/L pour les HAM.

Le retour d'expérience montre que le traitement par charbon actif permet généralement d'atteindre les valeurs de rejets suivantes : 0,02 mg/L (HAM) et 0,001 mg/L (HAP).

Le retour d'expérience d'ARCADIS sur les tendances récentes dans la région flamande montre que des normes moins contraignantes sont acceptés (0,05 mg/L) pour les HAM totaux ou pour les BTEX ce qui permet d'employer du stripping ou un traitement aérobie au lieu d'une adsorption directe sur charbon actif.

Concernant les HAP, la tendance est d'appliquer une norme de rejet de 0,001 mg/L non pas sur l'ensemble des 16 HAP (les 16 de US-EPA) mais d'imposer cette norme sur les PAK-15 (liste identique, mais sans naphthalène) et d'appliquer une norme spécifique pour naphthalène, par exemple < 0,02 mg/L. Ceci permet d'employer un traitement biologique suivi par filtre à sable au lieu d'absorption sur charbon actif.

6.3.4. Traitement des boues de dragage³⁸

Plusieurs techniques décrites dans le document sont considérés comme MTD :

- Optimisation de la gestion des bassins afin de limiter les constituants insoluble dans les eaux usées ;
- Bassin de décantation ;
- Filtre à sable ;
- Stripping ;
- Traitement par chloration ;
- Osmose inverse ;
- Evaporation ;
- Traitement biologique ;
- Adsorption sur charbon actif.

Le document MTD relatif aux installations traitant des boues issues des opérations de dragage a permis de mettre en place des normes de rejet dans la région Flandres (cf. tableau ci-dessous) :

Tableau 13 : normes actuelles de rejets en Flandre pour les boues de dragage

Contaminant	Norme de rejet (mg/l)
Métaux lourds	
As	0,09 - 0,18
Cd	0,01 - 0,006
Hg	0,003 - 0,005
Cr	0,15 - 0,3
Cu	0,15 - 0,3
Pb	0,15 - 0,3
Ni	0,15 - 0,3
Sn	0,5 - 1,2
Hydrocarbures apolaires	5
EOX	0,03 - 0,005 (Cl/l)
AOX	0,04 - 0,240
HAP	0,0006 - 0,001
PCB	0,00007 - 0,000021
TBT (Tributylétain)	0,00001

6.3.5. Autres documents VITO

Des documents MTD élaboré par le groupe de travail VITO sont également disponibles concernant les secteurs d'activités suivants :

- Centrale à béton et fabrication de produits en béton
- Transformation des matières plastiques - juin 2006
- Industries de transformations de fruits et légumes

³⁸ http://www.emis.vito.be/sites/default/files/pagina/BBT_rapport_bagger_eindrappport.pdf ; (197 pages - en flamand)

- Enrobés
- Ateliers de carrosserie
- Industrie de la céramique
- Installations de combustion
- Compostage et fermentation - Juin 2005
- Industrie laitière
- Industrie des boissons
- Industrie du nettoyage à sec
- Fonderies
- Hôpitaux
- Blanchisseries
- Contrôle des risques légionnelles
- Industrie de l'impression
- Raffineries
- Stations-service
- Abattoirs
- Assainissement des sols
- Industrie de transformation de pierre
- Traitement de surface
- Piscines
- Traitement des textiles
- Industrie du bois
- Traitement des lisiers
- Industrie de la métallurgie
-

Des résumés en anglais sont disponibles sur la plateforme EMIS³⁹. Ces documents sont traduits lorsque le groupe de travail VITO participe au BREF d'un secteur pour lequel un document MTD flamand et récent est disponible.

L'agence de protection de l'environnement de l'Irlande participe également à l'élaboration de documents MTD. La consultation de ces documents n'a pas permis d'apporter d'information complémentaire concernant le traitement des effluents liquides provenant des industries du secteur du déchet.

En effet ces documents traitent principalement des polluants courants et préconise la mise en œuvre de MTD déjà existantes.

La liste ci-dessous dresse à titre informatif le type de document MTD disponible et relatif au secteur du déchet⁴⁰ :

- Enfouissement et stockage de déchets
- Transit et récupération de matériaux
- Déchets d'origine animale
- Industrie de l'abattage ;

³⁹ <http://www.emis.vito.be/vito-bat-notes>

⁴⁰ <http://www.epa.ie/downloads/advice/bat/>

6.4. Réactifs

6.4.1 - Liste des réactifs entrant dans les procédés

Lors de la consultation de ces documents, nous avons relevé les différents **réactifs qui sont employés dans techniques de traitement des eaux**. Ces réactifs sont de natures minérales, organiques ou mixtes.

Nous avons complété cette liste avec les **réactifs utilisés dans les traitements de déchets** et pouvant potentiellement se retrouver ou ses composants dans leurs eaux de rejets. Ce complément se base essentiellement sur l'expérience d'ARCADIS.

Tableau 17 : réactifs entrant dans les procédés de traitement

Traitement concerné	Réactif de traitement	Commentaire
Traitements physico-chimiques	Nitrate de Sodium	
	Soude caustique	
	Na ₂ S	
	Chaux hydratée	Dans le cas des déchets dangereux, le plus souvent base déchets
	Sels de fer (ex : chlorure ou sulfate ferrique)	
	Sels d'aluminium	
	Charbon actif en poudre	
	Bisulfite de sodium	
	Acides	Dans le cas des déchets dangereux, les plus souvent acides déchets
	TMT15	
	Tri- Mercaptan	
	Sulfate de baryum (dans le domaine des mines par exemple)	15 % de l'organosulfure trimercapto-s-triazine, sel trisodique.
	Chlore (préchloration)	
Traitement évapo-concentration	Antimousses	
Traitements par stabilisation-solidification	Chaux hydratée	Utilisation en déclin selon connaissance ARCADIS
	Ciments de tout type	
	Laitiers de hauts fourneaux	Surtout intégrés dans la composition des ciments

Traitement concerné	Réactif de traitement	Commentaire
	Cendres de centrales thermiques au charbon	Egalement intégrées dans la composition des ciments
	Silice amorphe	Utilisation en déclin
	Adjuvants béton	Très peu utilisés selon connaissance ARCADIS
	Entraîneurs d'air	
	Super-plastifiants	
	Plastifiants	
	Retardateurs de prise	
	Boues d'aluminium (issues du traitement des eaux potables)	Pas utilisées selon connaissance ARCADIS
Incineration (traitement des fumées)	Chaux hydratée et chaux spongiacale	
	Bicarbonate de soude	
	Charbon actif (ex : Diosorb)	
	Urée (dénox non catalytiques)	
	Lait de chaux	
	Eau	
	Soude	
	Bisulfite de sodium	
Stockage	Désodorisants	

6.4.2. Utilisation de réactifs dans le traitement des fumées de l'incinération spécialisée (Nogarette & industries, 2006)

- **Neutralisation des fumées par injections de réactifs pulvérulents**

L'injection de réactifs pulvérulents est faite en amont d'un filtre à manche dans un réacteur de neutralisation ou directement dans la tuyauterie en amont du filtre. La réaction de neutralisation se poursuit sur les gâteaux des manches (couche de réactif recouvrant les manches).

- Chaux (hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$) : la chaux hydratée est un réactif alcalin. Elle se présente sous forme de poudre blanche. C'est un produit issu de la décarbonatation du calcaire extrait de carrière. La chaux hydratée est de l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qui est l'agent de neutralisation des gaz acides (HCl, SO_2 , HF,...). La qualité d'une chaux hydratée dépend du taux de pureté et surtout de la surface spécifique.

Caractéristique chimique : 90-98% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 2-10% d'inertes.

- Bicar (bicarbonate de sodium : NaHCO_3) : le bicarbonate de sodium est un produit de fabrication industrielle. Il se présente sous la forme de poudre blanche. Avant son injection dans le dispositif il est finement broyé. En effet le produit fraîchement broyé permet de diminuer le diamètre des particules solides jusqu'à 10 microns. Cela a pour conséquence d'augmenter la surface de contact entre le bicarbonate de sodium et le gaz.

Caractéristique chimique : poudre neutre, non corrosive et non toxique. NaHCO_3 puis Na_2CO_3 lors de l'injection sous l'effet de la température

- **Neutralisation des fumées par injections de réactifs liquides**

L'injection de réactifs liquide est faite en amont d'un filtre à manches, dans un atomiseur ou en aval d'un système de filtration dans des laveurs. On retrouve comme réactifs couramment utilisés :

- Lait de chaux : réalisé par mélange de chaux éteinte et d'eau à 80-150µg/l de concentration, le lait de chaux peut être injecté dans un atomiseur ou dans un laveur basique.
- Eau : l'eau industrielle est injectée dans un laveur acide et réalise la captation de HCl et de certains métaux volatils qui se solubilisent.
- Soude : une solution de soude est utilisée pour maintenir le pH d'un laveur basique à 6,5-7. Ce type de laveur assure la captation des Sox.
- Bisulfite de sodium : ce réactif assure la réduction du brome (Br₂) en acide Bromhydrique (HBr) qui se solubilise dans l'eau de lavage. Le Br₂ provoque une coloration des fumées.

Les purges des laveurs sont envoyées :

Soit sur un traitement physico-chimique qui produit une eau propre rejetée dans le milieu naturel et des boues qui sont pressés et envoyées en ISDD.

Soit sur un atomiseur pour évaporation (la charge polluante halogénée ou soufrée devant alors être transférée à la fraction solide piégée par l'étape de filtration, pour ne pas retourner dans le cycle).

- **Les rejets aqueux**

La plupart des usines d'incinération de déchets dangereux n'a pas de rejets liquides vers le milieu naturel (procédés secs ou procédés sec + humide dans lequel les eaux de lavage sont utilisées pour le refroidissement).

Une usine à traitement humide peut produire environ 6 à 7 tonnes de rejet liquide par tonne de déchets dangereux incinérés.

6.5. Limite des fiches "réduction des émissions"

Les fiches dédiées à la réduction des émissions mettent en évidence des solutions techniques existantes pour faire face aux micropolluants à risque. Un panel de traitements unitaires est disponible (membranes, oxydants, adsorption...) mais un savoir-faire important est nécessaire pour déterminer le système global performant pour une situation donnée. Une optimisation économique est nécessaire pour atteindre des coûts acceptables pour couvrir les risques liés aux substances prioritaires.

L'objectif de réduction des substances prioritaires dans les effluents liquides du secteur du déchet écarte les solutions basiques. Une prise en compte des interactions, effets contradictoires possibles entre opérations unitaires doit être faite de même qu'une prise en compte des particularités propres aux sites.

Les points d'améliorations passent par le développement :

- ✓ De nouveaux procédés d'analyses ;
- ✓ Des stratégies de contrôles des substances prioritaires ;

- ✓ De nouvelles combinaisons de traitements ;
- ✓ Du suivi des impacts à long terme ;
- ✓ De nouvelles stratégies de gestion des eaux pluviales.

Les différents traitements décrits mettent en évidence un transfert possible des substances prioritaires dans les boues. Les pistes d'amélioration passent également par une adaptation des filières de traitement des boues.

La réduction/suppression des substances dangereuses dans les effluents passe également par la maîtrise voir l'évolution du processus d'acceptation des déchets entrants et par le respect des meilleures techniques disponibles décrites dans les différents documents de références.

Il est difficile d'envisager de produire une chaîne de traitements qui s'adapte à chaque sous-secteur ou de proposer une solution efficace par sous-secteur car :




- Les sites peuvent s'avérer très différents les uns des autres. Donner une solution efficace reviendrait à ne pas prendre en compte la spécificité de chaque site (contexte environnemental, contexte économique, contexte technique) ;
- Les listes des substances d'intérêt pour chaque sous-secteur ne sont pas représentatives de chaque site industriel mais des émissions d'une centaine de sites. De plus ces listes n'incluent pas les polluants traditionnellement traités sur site (MES, DCO, DBO5...) ;

La pertinence d'un traitement se fera par la prise en compte des spécificités propres de chaque site et par mise en place de la meilleure combinaison de traitements unitaires existants et permettant de réduire la présence de la ou des substances visées.

Une synthèse des possibilités de réductions des substances dangereuses dans les eaux de rejets est présentée ci-après.

Cette synthèse regroupe les traitements applicables pour la réduction des substances dans les rejets des industries du secteur des déchets. Deux tableaux sont présentés ci-dessous en fonction de la typologie du traitement : de 1^{ère} intention ou de finition.

Le jeu de pictogramme utilisé est le suivant :

Codes :	Très efficace	
	Moyennement efficace	
	Non traitable ou peu efficace	

Les substances d'une même famille ont été regroupées sur une même ligne : ex HAP ; PCB ; octyl- et nonylphénols ; métaux et leurs sels. Les informations jugées significatives sont mentionnées dans la case correspondant au traitement.

La lecture de ces tableaux doit se faire au regard des informations présentées dans les fiches "réduction des émissions". Les références bibliographiques consultées pour l'élaboration de cette synthèse sont détaillées dans le tome 2 du rapport de l'étude. Les données jugées comme non fiables n'ont pas été intégrées à cette synthèse.

		Traitements de première intention				
		Oxydation par voie humide	Oxydation -réduction chimique	Physico-chimique /	Stripping	Traitements biologiques
métaux et composés	arsenic & composés			⚠ Ne permet pas d'atteindre les limites de la DCE		⚠
	cadmium & composés			✓ Traitement par coagulation dans l'industrie chimique		⚠
	chrome & composés			⚠ Ne permet pas d'atteindre les limites de la DCE		✓ Concentration dans les boues
	cuivre & composés			⚠		✓
	mercure & composés			⚠		✓ Concentration dans les boues
	nickel & composés			⚠ Veiller à séparer le nickel des composés cyanurés		⚠
	plomb & composés			⚠		✓ Concentration dans les boues
	zinc & composés			⚠		✓ Concentration dans les boues
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane		⚠ Composé moyennement oxydable		⚠	✓ Bon rendement par boue activée
	dichlorométhane				✓ (99% pour stripping vapeur)	
	chloroforme				⚠	
	tétrachloroéthylène				✓ Les conditions de mise en œuvre ne sont pas toujours facile et nécessite une étude poussée	✓
	tétrachlorure de carbone		⊗ Composé réfractaire		✓ Méthode la plus efficace pour réduire la concentration du CCl4	
	trichloroéthylène			⚠ Données relatives à une coagulation	✓ Les conditions de mise en œuvre ne sont pas toujours facile et nécessite une étude poussée	✓
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol					✓ Facilement biodégradable si traitement aérobie.
	pentachlorophénol		⊗ Composé réfractaire			
HAP	HAP	✓ MTD pour HAP		✓ Rendement calqué sur abattement des MES	⚠	✓
pesticides azotés	atrazine			⊗ Elimination de l'atrazine par coagulation/floculation non efficace		⚠
	irgarol					
	bifénox					
	aclonifen		⚠ Par oxydation électrochimique			
	quinoxifène					
	terbutryne					
	zeta cypermétrine					⊗ Non facilement biodégradable
	diuron					
	isoproturon					
simazine						
pesticides chlorés	dicofol					
	heptachlore					
	hexachlorocyclohexane αβγ					⚠ Traitement possible par bioremediation in-situ
pesticides phosphorés	dichlorvos					⚠ Biodégradable
BTEX	benzène				✓	
	toluène				✓	
	éthylbenzène	⚠ Adaptés aux polluants volatils		✓	✓	✓ Bonne élimination durant l'aération prolongée du traitement biologique
	o,m,p,-xylènes				✓	⚠ m-xylène et p-xylène facilement biodégradables
chlorobenzènes	chlorobenzène					
	pentachlorobenzène					
	hexachlorobenzène			⚠ Données relatives à une coagulation		⚠
divers	isopropylbenzène					
	biphényle					
	cyanures					
nonyl- & octylphénols	nonylphénols			✓ Données relatives à une floculation		⚠ Transfert dans les boues
	octylphénols					
PCB & dioxines	PCB	✓	Technique SWCO	⚠		
	dioxines					
butylphosphate	tributylphosphate					⚠
butylétain cations	monobutylétain cation					
	dibutylétain cation					
	tributylétain cation			✓		
médicaments	dichlofénac					✓ Très bonne élimination par bioréacteur à membrane
	ibuprofène					✓ De très bon rendements peuvent être atteints selon la technique utilisée
hormones	17 β estradiol					✓
	17 α ethinylestradiol					✓
ignifuges bromés	HBCDD					
	diphényléthers polybromés					✓
tensioactifs	PFO S & sels			⊗ Non adapté		⊗ Insensible aux biodégradations aérobie et anaérobie

		Traitements de finition											
		Adsorption	Echange d'ions	Electrodialyse	Evaporation évapo-concentration	Filtre à sable continu	Launage	Oxyd. thermique incinération	Per-vaporation	Phyto-remédiation	Techniques membranaires	Ozonation	Traitements biologiques
métaux et composés	arsenic & composés	✔ Très forte affinité				⊗	⊗			⊗ Phytostabilisation ⊗ Phytoextraction	✔ Bons résultats en allant jusqu'à l'osmose inverse		⊗
	cadmium & composés	⊗ Faible affinité		⊗ Pour récupération						⊗			⊗
	chrome & composés	✔ Très forte affinité	✔	⊗ Pour récupération		⊗	⊗			⊗			✔
	cuivre & composés	⊗ Faible affinité	✔			⊗	⊗			⊗			✔
	mercure & composés	✔ Forte affinité	✔			✔	⊗			⊗	✔ Bonne élimination par nano-filtration bons résultats en allant jusqu'à l'osmose inverse		✔ Concentration dans les boues
	nickel & composés	⊗ Moyenne affinité	✔			⊗	⊗			⊗	✔		⊗
	plomb & composés	⊗ Moyenne affinité	✔	⊗ Pour récupération		⊗	⊗			⊗ Elimination délicate			✔ Concentration dans les boues
	zinc & composés	⊗ Faible affinité	✔	⊗ Pour récupération		⊗	⊗			⊗ Phytostabilisation ⊗ Phytoextraction			✔ Concentration dans les boues
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane	✔ Efficacité d'élimination comprise entre 27 et 99,9% suivant les conditions d'exploitation						✔		⊗ Phytodégradation ⊗ Rhizodégradation ⊗ Phytostabilisation			✔ Bon rendement par boue activée
	dichlorométhane												
	chloroforme	✔ MTD pour éliminer le chloroforme											
	tétrachloroéthylène	⊗ Efficace sur les COHV.				⊗			⊗ Lentement adapté. Manque de données techniques		✔		✔
	tétrachlorure de carbone	✔ Attention aux conditions opérationnelles							⊗ Incinération de déchets liquides		✔		✔
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol	⊗ le Charbon actif semble plus judicieux en finition pour traiter le 2,4,6-trichlorophénol						⊗					✔ Facilement biodégradable si traitement aérobic.
	pentachlorophénol									⊗ Phytoextraction			✔
HAP	HAP	✔ Très bonne adsorption						⊗			✔ Méthode la plus efficace pour réduire les HAP	✔	✔ Des rdt de l'ordre de 98% peuvent être atteints
pesticides azotés	atrazine	⊗	⊗			⊗				⊗ Phytodégradation ⊗ Rhizodégradation	✔		⊗
	irgarol									⊗ Phytodégradation			
	bifénox												
	acétonifène												
	quinoxifène												
	terbutryne												
	zeta cyperméthrine												⊗ Non facilement biodégradable
	diuron	⊗					⊗				⊗		⊗
isoproturon	⊗					⊗				✔		⊗	
simazine	⊗					⊗				✔		⊗	
pesticides chlorés	dicofol												
	heptachlore	⊗ Traitement envisageable											
pesticides phosphorés	hexachlorocyclohexane αβγ	✔	⊗								✔		⊗ Traitement possible par bioremediation in-situ Biodégradable
	dichlorvos	✔									✔		⊗ Bonne élimination durant l'aération prolongée du traitement biologique
BTEX	benzène	✔						✔	✔ Adapté en traitement combiné stripping - incinération				✔
	toluène												
	éthylbenzène												
	o,m,p,-xylènes	⊗											⊗ m-xylène et p-xylène facilement biodégradables
chlorobenzènes	chlorobenzène												
	pentachlorobenzène												
	hexachlorobenzène												⊗
divers	isopropylbenzène												
	biphényle												
	cyanures												
nonyl- & octylphénols	nonylphénols	⊗			⊗ Phénols inadaptés	⊗	⊗	⊗		⊗ Phytoextraction ⊗ Phytostabilisation	✔	✔ L'ozone peut former des sous-produits en réaction avec les phénols	✔ Transfert dans les boues
	octylphénols				⊗		⊗	⊗		⊗	✔		
PCB & dioxines	PCB	⊗								⊗ Phytodégradation		⊗ POA photochimique	
	dioxines												
butylphosphate	tributylphosphate								⊗ Bons résultats mais peu de REX				⊗
butylétain cations	monobutylétain cation												
	dibutylétain cation												
	tributylétain cation												
médicaments	dichlofénac	⊗	✔	⊗		⊗	⊗			✔			✔ Très bonne élimination par bioréacteur à membrane
	ibuprofène	✔	⊗	⊗		⊗	⊗					⊗	✔ Élimination à près de 80% lors d'une oxydation avancée
hormones	17 β estradiol	⊗	⊗	⊗									✔
	17 α ethinylestradiol	✔	⊗	⊗							✔		✔
ignifuges bromés	HBCDD							⊗ L'incinération peut générer des dioxines et des furannes					
	diphényléthers polybromés											⊗ Les sous-produits de la désinfection avec l'ozone peuvent réagir avec les composés bromés et former des composés cancérogènes	✔ Boues activées aération prolongée
tensioactifs	PFOS & sels	✔ Seul traitement possible selon REX ARCADIS						⊗ Dégradation possible par incinération à haute température dans certaines conditions selon industriel					⊗ Insensible aux biodégradations aérobies et anaérobies

7. Conclusions et perspectives

L'objectif de cette étude consistait à dresser un état des connaissances sur les substances dangereuses rejetées dans les eaux par les activités du traitement et du stockage des déchets, leur origine, leur mode de prélèvement, d'analyse et de réduction.

Ce travail de synthèse s'appuie principalement sur des données d'organismes officiels nationaux français, étrangers et internationaux, des publications scientifiques, des retours d'expérience en matière de caractérisation de déchets (POLDEN), de conception et suivi d'installations de traitement de déchets (ARCADIS) et d'analyse de substances dangereuses dans les eaux (enquêtes auprès de laboratoires d'analyses).

Les données les plus pertinentes pour l'identification de substances spécifiquement associées au rejet dans les eaux de certains secteurs d'activité du traitement et du stockage des déchets sont celles qui sont progressivement enregistrées depuis 2002 et validées dans la base de données RSDE dans le cadre de l'action nationale RSDE. Bien que ces données de surveillance des rejets (en cours d'actualisation) ne bénéficient pas d'un historique et d'une représentativité suffisants (vis-à-vis de l'ensemble des substances) pour que se dégagent clairement des enjeux en termes de production de substances dangereuses associées à certaines activités du traitement et du stockage des déchets, l'étude montre néanmoins qu'un classement provisoire peut être établi à titre indicatif.

Avant toute chose, on rappellera que, dans le cadre des campagnes RSDE-2, le programme d'analyses n'était pas le même pour tous les sous-secteurs. Parmi les données qui ont servi de base de travail à cette étude, certaines substances, qui ne faisaient pourtant partie du programme d'analyses obligatoires du sous secteur concerné, ont malgré tout été dosées sur certains sites (pour des raisons administratives, ou par décision de l'industriel). C'est-à-dire que les substances n'ont pas toutes été dosées de manière systématique sur tous les sites. Cette situation relativise les conclusions de la présente étude sur au moins deux points : d'une part les évaluations des contributions respectives de chaque sous-secteur dans le flux total du secteur des industries du déchet sont biaisées lorsque la substance n'a pas été dosée dans tous les sous-secteurs, et d'autre part, certaines de ces substances peuvent apparaître dans les "substances d'intérêt" pour un sous secteur alors même qu'elles ne sont pas dosées systématiquement. C'est par exemple le cas du cadmium pour le sous secteur 3.2 des installations de stockage de déchets non dangereux. Les données ne sont alors pas représentatives de l'ensemble des activités du sous secteur et plutôt liées à un ou à quelques sites particuliers.

De ce classement, il ressort que le nombre de dépassement des seuils de surveillance et a fortiori des seuils de réduction est relativement limité à l'exception des flux de nickel pour le sous-secteur 3.1 (regroupement, traitement, pré-traitement des déchets dangereux) avec 11 dépassements des seuils de surveillance sur 37 sites et des flux d'arsenic et de nickel pour le sous-secteur 3.2 (installations de stockage de déchets non dangereux) avec respectivement 11 et 14 dépassements des seuils de surveillance sur 92 et 93 sites.

D'autre part, il est intéressant de noter que les rejets de certaines substances sont associés principalement à certains sous-secteurs, c'est le cas en particulier des rejets de pentachlorophénol, diuron, benzène, dichlorométhane, ainsi que de mercure associés principalement au sous-secteur 3.1 (regroupement, traitement, pré-traitement des déchets dangereux), du p-n octylphénol et du naphthalène associés principalement au sous-secteur 3.2 (installations de stockage de déchets non dangereux), d'isopropylbenzène et cumène du sous-secteur 3.4 (lavage de citernes) et des nonylphénols ramifiés, tétrachloroéthylène et para-tert-octylphénols du sous-secteur 3.5 (autres sites de traitement des déchets non dangereux).

Ces conclusions mériteraient d'être vérifiées par un nombre plus important de données validées.

L'exploitation de ces informations en termes d'origine des substances est rendu difficile du fait de la diversité des activités de traitement de déchets qui nécessiterait une classification plus fine, au moins pour ce qui concerne le traitement des déchets dangereux. Les activités de traitement de déchets dangereux comptent en effet des installations très spécifiques de traitement de certains déchets en particuliers (huiles, solvants, hydrocarbures, déchets halogénés, ...) dont on peut supposer que les rejets présentent également une composition spécifique.

L'exploitation de telles données mériterait également une hiérarchisation des enjeux au regard de la toxicité des substances voire de la vulnérabilité des écosystèmes. Les résultats montrent notamment un rejet cumulé notable de mercure, toutes installations du sous-secteur 3.1 confondues. Une telle valeur, même provisoire mérite une attention particulière compte tenu des impacts potentiels de tels rejets sur les écosystèmes et sur la santé.

Enfin, une fois approfondi ce travail d'examen des flux de substances préoccupantes par procédé spécifique de traitement de déchet, il serait nécessaire de mieux connaître le cheminement de telles substances par prélèvement dans les déchets entrant et dans les différents compartiments constituant autant d'étapes du traitement.

De telles connaissances permettront de mieux maîtriser les rejets de telles substances en adaptant dans la mesure du possible les procédés de traitement en vue de limiter ces rejets voire en agissant sur les procédés générateurs de ces déchets.

L'examen de ces données soulève toutefois la question de l'efficacité de l'approche de la réduction des substances dangereuses dans l'environnement par le biais de l'action sur les rejets industriels. S'il est indispensable que l'ensemble des rejets industriels de substances dangereuses dans l'environnement soit réduit au maximum, il convient de relativiser cette contribution dans un ensemble d'actions permettant une réelle atténuation de la présence de substances dangereuses dans le milieu naturel. En effet, les rejets d'une industrie donnée (et en particulier celles des activités du déchet) ne sont qu'une proportion infime de sa production qui elle est destinée à être commercialisée, et utilisée, parfois dans des applications ouvertes diffusives. L'usage généralisé de nombreuses substances dangereuses dans des applications courantes (phytosanitaires, produits d'entretien, produits de bricolage, produits pharmaceutiques, cosmétiques, etc.) fait que ces molécules (en général persistantes) sont libérées dans l'environnement... et se retrouvent dans les eaux naturelles, soit directement pour les usages extérieurs (traitements phytosanitaires, anti-corrosion ou antifouling, etc.), soit après passage des eaux usées domestiques à travers les stations d'épuration pour les usages domestiques.

L'examen des données de la première campagne RSDE, malgré leur manque de représentativité; permet d'illustrer ce phénomène, avec par exemple le cas de deux pesticides : l'atrazine et le lindane. Les flux cumulés d'atrazine et de lindane étaient - pour les secteurs des industries pharmaceutiques et phytosanitaires, respectivement de 3,63 g/j et 0,01 g/j, soit respectivement 2,06% et 0,04% du total des rejets industriels. Si les données étaient disponibles, le même constat pourrait certainement être fait pour les substances pharmaceutiques (antidépresseurs, antimétabolites, anti-inflammatoires, hormones, etc.) certainement présents à l'état de traces dans les rejets des industries pharmaceutiques, produits et commercialisés en quantités industrielles, largement consommés par les populations et tous inévitablement rejetés, peu ou pas métabolisés, encore actifs pour les organismes vivants et rémanents, dans les eaux usées.

Une évaluation des impacts des différentes actions engagées et restant à mettre en œuvre⁴¹ semble nécessaire pour que les efforts soient orientés préférentiellement vers les actions les plus efficaces en faveur de la réduction des substances dangereuses dans les eaux.

L'élaboration des fiches "réduction des émissions" met en évidence des solutions techniques existantes pour faire face aux micropolluants/substances dangereuses. Un panel de traitements unitaires est disponible (membranes, oxydants, adsorption...) mais un savoir-faire important est nécessaire pour déterminer le système global performant pour une situation donnée. Une optimisation économique est nécessaire pour atteindre des coûts acceptables pour couvrir les risques liés aux substances prioritaires.

La synthèse sur les possibilités de réductions des substances dangereuses dans les eaux de rejets, fait ressortir notamment que :

- des traitements d'attaque en amont du process permettent d'atteindre des abattements importants : traitement physico-chimiques, traitement biologiques hors lagunage et phytoremediation ;
- des traitements de finition classique présentent de très bonnes performances sur les substances dangereuses :
 - i. Traitement par adsorption sur la quasi-totalité des substances,
 - ii. Techniques membranaires sur la quasi-totalité des substances sous réserve de pousser jusqu'à l'osmose inverse ;
 - iii. Traitement biologique ;
 - iv. Traitement par ozonation
- les procédés d'oxydation avancés se révèlent très efficaces sur certaines substances dangereuses et constituent des voies de recherche importantes malgré leurs coûts encore élevés.
- Certains traitements apparaissent comme inadaptés au secteur du déchet (électrodialyse, pervaporation), ou peu adapté/efficace au secteur du déchet/substances dangereuses (oxydation-réduction chimique, phytoremediation, filtre à sable continu).

L'examen des données disponibles sur les différents traitements décrits met également en évidence un transfert possible des substances prioritaires dans les boues. Les pistes d'amélioration passent également par une adaptation des filières de traitement des boues.

⁴¹ Des pistes simples pourraient être dégagées, et leur faisabilité (technico-économique mais aussi sociale) évaluée avec des outils actuels. Ces pistes vont par exemple de l'arrêt de l'épandage des boues de STEP (par définition concentrés de micropolluants organiques et métalliques) à la préconisation de l'utilisation de toilettes sèches pour les personnes sous chimiothérapies, avec récupération et incinération des matières comme des déchets dangereux...

8. Bibliographie

- Uragami et coll. (2001).
- Westinghouse Savannah River Compagny. (s.d.). Dans R. Pierce.
- ADEME. (2006). *La pervaporation*.
- ADEME. (2006). *L'évapo-concentration*. DABEE - Département Industrie et Agriculture.
- AE, A. d. (2008, Mars). *Rejet zéro sur site, traitement des effluents de décapage acier inox par évapo-concentration*. Consulté le 2011, sur Mise en oeuvre des meilleures techniques disponibles en traitements de surfaces:
http://www.eaurmc.fr/typo3conf/ext/dam_frontend/pushfile.php?docID=674
- AGRITOX. (2009, mars). *AGRITOX*. Consulté le consulté en juil. 2011, sur Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques:
<http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/sa.php?sa=230#debut>
- AMPERES. (s.d.). A RETROUVER .
- Andreozzi, R., Marotta, R., & Paxéus, N. (2003). Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. (Pergamon, Éd.) *Chemosphere*, 50, 1319-1330.
- APESA. (2007). *Evapoconcentration*. Fiche technique.
- AQUAREF. (2009). *Composés pharmaceutiques - Méthodes d'analyse dans les eaux douces et souterraines par SPE L MS*. Consulté le mars -, 2011, sur AQUAREF:
<http://www.aquaref.fr/system/files/Fiche+MA14-230309+.pdf>
- BAIG, S., & MOUCHET, P. (2010). *Oxydation et réduction appliquées au traitement de l'eau* (Vol. T1 860-w2102). Techniques de l'ingénieur.
- Belanger, P. (juin 2010). *Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal*. (s. I. Coillie, Éd.) Récupéré sur Université Sherbrooke - Essais et mémoires:
http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf
- Boussahel, R., Baudu, M., & Montiel, A. (2002). Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration. *Revue des sciences de l'eau*, 15(4), pp. 709-720.
- Boutin, C. (2011, novembre). *Les Zones de Rejet*. Consulté le 2011, sur Colloque Cemagref - Grand Lyon:
http://colloquefeysine.cemagref.fr/presentations/Presentation_13_Colloquefeysine_Boutin.pdf/at_download/file
- Boutin, C., Iwema, A., & Lagarrigue, C. (2010, Juin). *Point sur les zones de dissipation végétalisées : vers une protection supplémentaire du milieu récepteur de surface*. Consulté le 2011, sur EPNAC: <http://epnac.cemagref.fr/documentation/documents-pdf/documentation.2011-05-12.7206108678/body>
- Boutin, O., & Ferrasse, J.-H. (2011). *Procédés d'oxydation en voie humide* (Vol. CHV6030). Technique de l'ingénieur.
- Carlsson P.C., J. A. (2006). Are pharmaceuticals potent environmental pollutants ? : Part I : Environmental risk assessments of selected active pharmaceutical ingredients. *Science of Total Environment*, 364 (1-3), pp. 67-87.

- CEDRE. (2005). *1,2-dichloroéthane Guide pratique*. Consulté le consulté en septembre 2011, sur CEDRE (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux): <http://www.cedre.fr/fr/publication/guides/chimique/dce.pdf>
- Champlain, M. (2011, Mai). *Effets des hormones stéroïdes sexuelles non traitées dans les effluents municipaux*. Consulté le 2012, sur Université Sherbrooke - Essais et mémoires: http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/de_Champlain_M__01-06-2011_.pdf
- Choubert, J.-M., & Martin, S. (2011, Novembre). *Élimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques*. Consulté le 2011, sur Colloque Cemagref - Grand Lyon: http://colloquefeysine.cemagref.fr/presentations/Presentation_12_Colloquefeysine_Martin.pdf/at_download/file
- Choubert, J.-M., Martin-Ruel, S., Budzinski, H., Miege, C., Esperanza, C., Soulier, C., et al. (2011, janvier/février). Évaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. *Techniques Sciences et Méthodes*, pp. 44-62.
- Clark et coll. (1988).
- Clément, R., & Jonquieres, A. (2001). *Pervaporation* (Vol. J 2820). Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés.
- Commissariat Général au Développement Durable. (2009, Novembre). *Le point sur : 10 millions de tonnes de déchets dangereux produits en 2007*. Consulté le Juillet 19, 2011, sur Observation et statistiques - Ministère du développement durable: http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Le_Point_Sur/2009/PointSur35.pdf
- Crini, G., & Badot, P.-M. (2007). *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées*. Presse universitaire de Franche-Comte.
- Cummins et Westrick. (1990).
- CWW. (2003). *BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz dans l'industrie chimique*.
- CWW. (2003). *BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique*.
- CWW. (Février 2003). *BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique*.
- de Dardel, F. (1998). *Échange d'ions - technologies d'applications* (Vol. j2784). Techniques de l'ingénieur.
- Degrémont. (2005). *Mémento technique de l'eau* (Vol. Dixième édition). Tec & Doc Lavoisier.
- Delgado Zambrano, L. F., & Albasi, C. (2009). *Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement*. Techniques de l'ingénieur.
- Delgado, T. R. (2009). *Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement*.
- DELGADO-ZAMBRANO, L., & ALBASI, C. (2009). Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialité de traitement. *Techniques de l'Ingénieur*(RE n°141).
- DLK Technologies. (s.d.). *Résines*. Consulté le 2012, sur DLK Technologies pour le traitement des eaux: <http://www.dlk.ch/index.php?/Traitement-des-eaux-residuaire/resines.html>

- Donard, O. F.-X., & Séby, F. (2007, décembre 10). Détermination d'espèces chimiques d'éléments (spéciation) dans l'environnement. *Techniques de l'Ingénieur*(Techniques d'analyse / Référence TI630), 26.
- Dyksen. (2004).
- EMIS. (2011). *Adsorption Techniques*. Récupéré sur Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest: <http://www.emis.vito.be/node/22733>
- EMIS. (s.d.). *Ion exchange*. Récupéré sur Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest: <http://www.emis.vito.be/node/22732>
- EMIS. (s.d.). *Reverse osmosis*. Récupéré sur Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest: <http://www.emis.vito.be/node/22627>
- EMIS. (s.d.). *Sand filtration*. Récupéré sur Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest: <http://www.emis.vito.be/node/22621>
- EPA. (1989). *Methods for the determination of organic compounds in drinking water*. Cincinnati.
- EPA. (1997). *Aqueous Mercury Treatment*.
- EPA. (1999). *Storm Water Technologies Fact sheet - Sand filters*. EPA.
- EPA. (2000). *Granular Activated Carbon Absorption and Regeneration*. Récupéré sur Wastewater Technology Fact Sheet.
- EPA. (2001). *Facultative lagoons. Wastewater technology fact sheet*.
- EPA. (2010, Aout). *Treating Contaminants of Emerging Concern - Database*. Consulté le 2011, sur <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>
- EPA. (2010, Août). *Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database*. Consulté le 2011, sur <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>
- EPA, U. (2007). *Treatment technology in soil, waste, and water*. Récupéré sur <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>
- Eymery, F., Choubert, J.-M., Lepot, B., Gasperi, J., Lachenal, J., & Coquery, M. (2011). *Pratiques d'échantillonnage et de conditionnement en vue de la recherche de micropolluants prioritaires et émergents en assainissement collectif et industriel*. Première version, Irstea/Cemagref.
- Fabre, B., Roth, E., & Heintz, V. (2005). *Les isomères de l'hexachlorocyclohexane*. ADEME.
- Fournier, J. (2010, janvier 10). Stéréochimie des pesticides. (T. d. l'Ingénieur, Éd.) *Techniques de l'Ingénieur, Physique Chimie - Référence TI053*(Chimie organique et minérale/ référence 42108210).
- Fronk et coll. (1990).
- g1270. (2002). *G 1270 - Traitement physico-chimique de la pollution insoluble*.
- g1330. (1999). *TI - Finitions à haute performance*.
- Garnaud, S. (2011, Novembre). *Bilan des activités du groupe de Travail EPNAC*. Consulté le 2011, sur Colloque Cemagref - Grand Lyon: http://colloquefeysine.cemagref.fr/actes/Article_8_Colloquefeysine_Garnaud.pdf/at_download/file
- Gendault-Derveaux, S. (2007). Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine. (2004ISAL0045), 236.

- Ghestem, J., Crouzet, C., & Girardot, N. (2008). *Estimation des fonds géochimiques en éléments traces des eaux de surface continentales et des eaux souterraines : cahier des charges pour l'analyse et le prélèvement*. BRGM.
- Greenfacts. (-). Récupéré sur Greenfacts - faits sur la santé & l'environnement: <http://www.greenfacts.org/fr/>
- HSDB . (s.d.). *Hazardous substance data bank - Diclofenac*. Consulté le mars 2011, sur Toxnet: <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~unGm2Q:1>
- HSDB. (2000). *Hazardous substance data bank - Arsenic*. Consulté le juin 2011, sur <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+7440-38-2>
- HSDB. (2003). *Hazardous Substances Data Bank - Dichlorvos*. Consulté le mars 2011, sur Toxnet: <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~Ty0klu:1>. - 2003
- HYDROPLUS. (2012, Avril). Les rejets urbains sous surveillance. *HYDROPLUS*, pp. 31-37.
- Ianesco. (2010, Juillet - août). *L'évapo-concentration, une solution pour le traitement d'effluents concentrés*. Consulté le 2011, sur Lettre d'information de Ianesco et Créatmos: <http://www.ianesco.fr/web/mailling/cvi9/cvi9.pdf>
- IARC. (1991). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.
- in91. (2008). *Techniques de l'Ingénieur - TI IN 91*.
- INERIS. (2005, 06 07). *2,4,6-trichlorophénol*. Consulté le consulté en septembre 2011, sur Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques.
- INERIS. (2005). *CADMIUM ET SES DERIVES*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2005). *HEXACHLOROBENZENE*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2005). *NONYLPHENOLS ET ETHOXYLATES*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2005). *Propositions pour la prise en compte des limites de détection ou de quantification dans les milieux sources*. Rapport d'étude, INERIS.
- INERIS. (2006). *Anthracène*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2006). *ETHYLBENZENE*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2006). *HAP*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2006). *HAP*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2006). *HAP*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2006). *NAPHTALENE*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2006). *NICKEL ET PRINCIPAUX COMPOSES*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>

- INERIS. (2007). *Atrazine*. Récupéré sur Données technico-economiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2007). *DIURON*. Récupéré sur Données technico-economiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2007). *Hexachlorocyclohexane*. Récupéré sur Données technico-economiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2007). *Isoproturon*. Récupéré sur Données technico-economiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2007). *Simazine*. Récupéré sur Données technico-economiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2007). *Tétrachloroéthylène*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://rsde.ineris.fr/>
- INERIS. (2007). *Tetrachlorure de Carbone*. Consulté le 2011, sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://rsde.ineris.fr/>
- INERIS. (2007). *Trichloroéthylène*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2008). *Arsenic et composés inorganiques : panorama des principaux émetteurs*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://rsde.ineris.fr>
- INERIS. (2008). *Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations*. Rapport d'étude.
- INERIS. (2008). *Mercurie et principaux composés*. Consulté le 2011, sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://rsde.ineris.fr/>
- INERIS. (2010). *Apport des MTD pour respecter les objectifs de réduction des rejets de substances dangereuses dans le milieu aquatique - Etude de cas appliquée au traitement de surface*.
- INERIS. (2010). *CHROME ET SES COMPOSÉS*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2010). *CUIVRE, COMPOSÉS ET ALLIAGES*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2010). *PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVÉS*. Récupéré sur Données technico-economiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2011). *1,2-dichloroéthane*. Consulté le consulté en septembre 2011, sur Portail des substances chimiques: <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>
- INERIS. (2011). *HEXABROMOCYCLODODECANE*. Récupéré sur Données technico-économiques sur les substances chimiques en France: <http://www.ineris.fr/substances/fr/>
- INERIS. (2011). *Nickel et ses composés*. Récupéré sur Portail Substances Dangereuses: <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1301>
- INERIS. (2011). *Trichloroéthylène*. Récupéré sur Portail Substances Chimiques: <http://www.ineris.fr/substances/fr/glossaire/view/letter/T>
- INERIS. (janvier 2002). *Caractérisation des machefers d'incinération d'ordures ménagères - étude expérimentale de l'impact des Etude expérimentale de l'impact des dioxines sur l'environnement*. Rapport d'étude, INERIS.

- INRS. (2007). *Etude des composés CMR dans les déchets dangereux*. INRS.
- J.-F. Fiset, e. a. (2000). Revue sur l'enlèvement des métaux sur les effluents par adsorption sur la sciure et les écorces de bois. *REVUE DES SCIENCES DE L'EAU*.
- Koller, E. (2004). *Traitement des pollutions industriels*. DUNOD.
- Koller, E. (2009). *Traitement des pollutions industrielles* (Vol. 2ème édition). DUNOD / L'USINE NOUVELLE.
- La Zone Libellule : utiliser la nature pour réduire les nouveaux polluants*. (s.d.). Consulté le 2011, sur Lyonnaise des Eaux: <http://www.lyonnaise-des-eaux.fr/actualite/collectivites/zone-libellule-utiliser-nature-reduire-nouveaux-polluants>
- Lagarde, F., & Jaffrezic-Renault, N. (2010, septembre 10). Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique. *Techniques de l'Ingénieur*(Inovations Technologiques / Référence TI958), 15.
- Lenntech. (2011, septembre). Récupéré sur <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/adsorption.htm>
- LESAGE, G. (2009, Décembre). Etude de l'élimination de substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation.
- Lipski et Cote. (1990).
- Lykins et Clark . (1994).
- Magazine, E. (2011, Novembre). innoveox développe l'oxydation hydrothermale supercritique. *Environnement Magazine*(1702).
- MAGE42. (2007). *Les lagunages : éléments de diagnostic*. Conseil général de la Loire.
- MEDDTL. (2011). *Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux - période 2007-2009*. Commissariat Général au Développement Durable, Service de l'observation et des statistiques. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement.
- Ministère du développement durable. (2010). *La production de déchets dangereux en 2008*. Récupéré sur L'essentiel sur : Déchets des agents économiques: <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/l'essentiel/article/292/1154/production-dechets-dangereux-2008.html>
- Montiel, A., & Welte, B. (1999). L'affinage de l'eau par filtration sur charbon actif en grains. Les contraintes imposées par cette étape de traitement. *Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural* (9).
- Nikolaou A., M. S. (2007). Occurrence patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387, pp. 1225-1234.
- Nogarette, J.-F., & industries, S. (2006). *Mémento technique des déchets dangereux : gestion des déchets spéciaux* (Vol. 1).
- OMS. (2004b).
- Paulus, A. (2009). Association lagunes - filtres plantés : premiers retours d'expérience. *Technique Science et Méthodes*(11).
- Peldszus, Rüdiger. (2011). *Heavy Metal Separation from Flue Gas Scrub Water with TMT15®*. Récupéré sur Evonik Industrie: http://www.mcilvainecompany.com/Universal_Power/Subscriber/PowerDescriptionLinks/Rudiger%20Peldszus,%20Evonik%206-16-11.pdf

- Pivetz, B. E. (2010). *Ground water issue - Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites*. EPA.
- PPDB. (2011). *Dichlorvos*. Consulté le consulté en mars 2011, sur Pesticides Properties Data Base: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/index.htm> - 2011
- PubChem. (2011). *Trichloroéthylène*. Récupéré sur PubChem compound: http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=6575&loc=ec_rcs#x27
- Québec, C. d. (2006). *Méthode d'analyse : Détermination des pesticides de type organophosphoré, triazine, carbamate, et urée substituée dans l'eau - extraction avec C-18 ; dosage par CPG-MS*. Récupéré sur <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA403Pest31.pdf>.
- Racault, Y., Bois, J.-S., Carré, J., Duchêne, P., Lebaudy, B., Lesavre, J., et al. (1997). *Le lagunage naturel - les leçons de 15 ans de pratique en France*. CemargrefEditions.
- RMC. (2011, novembre). Communication personnelle D. Noury. *Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011*.
- RMC, A. d. (2010). *Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances*.
- RUSSO, L. (Septembre 2009). *Combined chemical and biological treatment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons contaminated Soil*.
- SCHREIBER. (s.d.). *Industrial filtration*. Récupéré sur <http://www.schreiberwater.com/Industrial.shtml>
- Service d'assainissement de La ville de Lausanne. (2011, Janvier). *Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne)*. (V. d. Lausanne, Éd.) Consulté le 2012, sur Office fédéral de l'environnement OFEV: http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZLpZig7t,Inp6lONTU042l2Z6ln1ae2lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19Xl2ldvoaCVZ,s-.pdf
- SODIM. (Février 2008). *Évaluation d'un procédé de coagulation-floculation au chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles*.
- Soulier, C., Gabet, V., Lardy, S., Lemenach, K., Pardon, P., Esperanza, M., et al. (2011). Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration. *Techniques Sciences et Méthodes*.
- STERCKEMAN, T., OUVRARD, S., & LEGLIZE, P. (2011). *Phytoremédiation des sols*. Techniques de l'ingénieur.
- SYPREL. (2009, 29 Janvier). *Répartition régionale des capacités de traitement de déchets dangereux*. Consulté le 22 juillet 2011, sur SYPREL: <http://www.sypred.fr/spip.php?article4>
- TI. (2009, décembre). *Réutilisation des eaux de process grâce à l'oxydation - La technologie HiPOx*. Consulté le 2011, sur Instantanés Techniques: http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique_191/reutilisation-des-eaux-de-process-grace-a-l-oxydation-article_7376/
- TOXNET. (s.d.). *Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases*. Consulté le consulté en juin 2011, sur TOXNET - Toxicology Data Network: <http://toxnet.nlm.nih.gov/>
- U.S. EPA. (1991a).
- US EPA. (1985, 2003b).

- Vidonne, A. (2009). *Traitement des eaux résiduaires dans les ateliers de traitements de surface*.
Technique de l'ingénieur.
- w8000, T. (2007). *Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau*.
- WI. (2006). *BREF - Incinération des déchets*.
- WI. (Août 2006). *BREF Incinération des déchets*.
- Wouter, P., Martin, B., & Markus, B. (2006). Electrodialysis for Recovering Salts from a Urine Solution Containing Micropollutants. *Environmental Science and Technology*, 40(7).
- WT. (2006). *BREF - Industrie de traitement des déchets*.
- WT. (2006). *BREF - Industrie de traitement des déchets*.
- WT. (2006). *BREF - Industrie de traitement des déchets*.
- WT. (2006). *BREF - Industrie de traitement des déchets*.
- www.sc-hc.gc.ca. (s.d.). www.sc-hc.gc.ca.
- Zaouak, A., Matoussi, F., & Dachraoui, M. (Février 2011). Electrochemical Study of Diphenyl Ether Derivatives Used as Herbicides. *International Journal of Electrochemistry*, Volume 2011(Article ID 904570), p. 6.

9. Annexes

Annexe 1 - Acronymes et abréviations techniques utilisées dans le rapport

Annexe 2 - Glossaire

Annexe 3 - Possibilité de présence des substances dangereuses dans les déchets

Annexe 1

Acronymes utilisés pour les techniques analytiques (Donard & Séby, 2007)

Abréviation	Signification anglaise	Signification française
SPE	Solid Phase Extraction	Extraction sur phase solide
SPME	Solid Phase MicroExtraction	Microextraction sur phase solide
ASV	Anodic Stripping Voltammetry	Voltamétrie de redissolution anodique
GC	Gas Chromatography	Chromatographie en phase gazeuse
HPLC	High Performance Liquid Chromatography	Chromatographie en phase liquide haute performance
CE	Capillary Electrophoresis	Électrophorèse capillaire
AAS	Atomic Absorption Spectrometry	Spectrométrie d'absorption atomique
ET-AAS	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry	Spectrométrie d'absorption atomique électrothermique
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	Spectrométrie de masse à plasma induit
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry	Spectrométrie d'émission atomique à plasma induit
AFS	Atomic Fluorescence Spectrometry	Spectrométrie de fluorescence atomique
HG-CT-GC-QFAAS	Hydride Generation – Cryogenic Trapping – Gas Chromatography – Quartz Furnace Atomic Absorption Spectrometry	Couplage génération d'hydrures – piégeage cryogénique – chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie d'absorption atomique avec four en quartz
HPLC-ICP-MS	High Performance Liquid Chromatography – Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	Couplage chromatographie en phase liquide – spectrométrie de masse à plasma induit
GC-ICP-MS	Gas Chromatography – Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	Couplage chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie de masse à plasma induit
HPLC-AFS	High Performance Liquid Chromatography – Atomic Fluorescence Spectrometry	Couplage chromatographie en phase liquide – spectrométrie de fluorescence atomique
HPLC-HG-AF	High Performance Liquid Chromatography – Hydride Generation Atomic Fluorescence Spectrometry	Couplage chromatographie en phase liquide – génération d'hydrures – spectrométrie de fluorescence atomique
GC-QF-AAS	Gas Chromatography – Quartz Furnace – Atomic Absorption Spectrometry	Couplage chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie d'absorption atomique avec four en quartz
GC-FPD	Gas Chromatography – Flame Photometric Detector	Couplage chromatographie en phase gazeuse – photométrie de flamme
GC-PFPD	Gas Chromatography – Pulsed Flame Photometric Detector	Couplage chromatographie en phase gazeuse – photométrie de flamme pulsée
GC-AED	Gas Chromatography – Atomic Emission Detector	Chromatographie en phase gazeuse – Spectrométrie d'émission atomique
ES-MS	Electrospray – Mass Spectrometry	Électrospray – Spectrométrie de masse
ES-MS-MS	Electrospray – Mass Spectrometry – Mass Spectrometry	Électrospray – Spectrométrie de masse en tandem
MALDI	Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation	Ionisation par désorption laser assisté par une matrice
ESCA	Electron Spectroscopy for Chemical Analysis	Spectroscopie des électrons pour l'analyse chimique
XPS	X-ray Photoelectron Spectroscopy	Spectroscopie des photons X
UPS	Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy	Spectroscopie photoélectroniques dans l'ultraviolet
XAS	X-ray Absorption Spectroscopy	Spectroscopie d'absorption des rayons X
XANES	X-ray Absorption Near-Edge Structure	Spectroscopie d'absorption des rayons X près du seuil
EXAFS	Extended X-ray Absorption Fine Structure	Spectroscopie d'absorption des rayons X étendue
SEXAFS	Surface Extended X-ray Absorption Fine Structure	Spectroscopie d'absorption des rayons X de surface étendue
XRD	X-ray Diffraction	Diffraction des rayons X
XPD	X-ray Powder Diffraction	Diffraction des rayons X sur poudre
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy	Spectroscopie infrarouge avec transformée de Fourier
RMN	Nuclear Magnetic Resonance	Résonance magnétique nucléaire
LRMA	Laser Raman Microprobe Spectroscopy	Spectroscopie à microsonde Raman
SIMS	Secondary-Ion Mass Spectrometry	Spectrométrie d'émission ionique secondaire

Annexe 2

Glossaire

Adsorption : Augmentation de la concentration d'une substance dissoute à l'interface d'une phase condensée et d'une phase liquide sous l'influence de forces de surface. L'adsorption peut aussi se produire à l'interface d'une phase condensée et d'une phase gazeuse. Dans les boues des stations d'épuration, on retrouvera principalement les substances dont le log Kow est supérieur à 5 (très adsorbables) et dans une moindre mesure celles dont le log Kow est supérieur à 3 (peu adsorbables).

Biodégradabilité : Une substance est dite "biodégradable" si sa demi-vie est inférieure à 10 jours, et "non biodégradable" si sa demi-vie est supérieure à 500 jours.

Coefficient de partage carbone organique/eau (Koc): Concerne les substances organiques : rapport entre la quantité adsorbée d'un composé par unité de masse de carbone organique du sol ou du sédiment et la concentration de ce même composé en solution aqueuse à l'équilibre.

Coefficient de partage n-octanol/eau (Kow) : Rapport des concentrations d'équilibre d'une substance dissoute dans un système à deux phases constitué de deux solvants qui ne se mélangent pratiquement pas.

Constante de Henry : Propriété d'une substance à se partager entre les deux phases d'un système binaire air/eau. Plus la constante de Henry est élevée, plus le composé aura tendance à s'échapper de la phase condensée et à passer en phase vapeur. (cf. "**Volatilité**")

GIDIC : Le logiciel **GIDIC** est une application informatique permettant la gestion et le suivi des établissements industriels français soumis à risques par les DREAL. (<http://www.synapse-info.com/spip.php?article52>) Cet outil informatique est conçu pour être utilisé par les différents maillons de l'inspection, de l'inspecteur de terrain en DRIRE/DREAL jusqu'au ministère, soit au moins 800 personnes sur plus de 100 sites différents.

NQE : Norme de Qualité Environnementale. Ce paramètre est défini par la Directive 2008-105-CE relative établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau. Il est exprimé en valeur moyenne annuelle (**NQE-MA**). Sauf indication contraire, il s'applique à la concentration totale de tous les isomères d'une substance. Il peut aussi être exprimé en concentration maximale admissible (**NQE-CMA**). Lorsque les NQE-CMA sont indiquées comme étant «sans objet», les valeurs retenues pour les NQE-MA sont considérées comme assurant une protection contre les pics de pollution à court terme dans les rejets continus, dans la mesure où elles sont nettement inférieures à celles définies sur la base de la toxicité aiguë.

Pression ou tension de vapeur Pression partielle des molécules de gaz en équilibre avec la phase liquide pour une température donnée.

Point d'ébullition : Mesuré à une atmosphère : température à laquelle un liquide commence à bouillir. Le point d'ébullition mesuré dépend de la pression atmosphérique.

Point d'éclair : Température la plus basse à laquelle une substance dégage une vapeur qui s'enflamme ou qui brûle immédiatement lorsqu'on l'enflamme.

Point de fusion : Température à laquelle coexistent les états solide et liquide d'un corps. Le point de fusion est une constante d'une substance pure et est habituellement calculé sous pression atmosphérique normale (une atmosphère).

Solubilité : Quantité de substance dissoute dans l'eau. Elle est fonction de la salinité et de la température

Spéciation : Une **espèce chimique** est la forme spécifique d'un élément définie selon sa composition isotopique, sa structure électronique ou son état d'oxydation, sa présence sous forme de complexe et/ou sa structure moléculaire. L'**analyse de spéciation** est l'activité de chimie analytique qui identifie

et/ou quantifie les espèces chimiques individuelles d'un élément dans un échantillon. La **spéciation** (d'un élément) correspond à la distribution d'un élément entre ses différentes espèces chimiques dans un échantillon. (Donard & Séby, 2007)

Unités de pression de vapeur : Les équivalences sont $1 \text{ Pa} = 0,075 \text{ mm Hg}$ ⁴²

Volatilité : Les substances sont qualifiées de "volatiles" lorsque leur constante de Henry est supérieure à $500 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mol}$, et de "peu volatiles" lorsqu'elle est inférieure à $10 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mol}$.

⁴² <http://genie.climatique.free.fr/fr/conversion-unites-systeme-international.php>

Annexe 3

Possibilité de présence des substances dangereuses dans les déchets

Rappels :

La classification française des déchets

issue de la transcription de la directive 2008/98/CE, a été passée en revue et confrontée au retour d'expérience de POLDEN en matière de travaux monographiques sur certains déchets et en matière de caractérisation de déchets ou encore en matière de procédés générateurs de déchets.

Ce travail de synthèse consistant à préciser la présence potentielle, ou certaine, de substances dangereuses dans la composition des déchets a été réalisé sur la base des avis d'experts des deux co-directeurs de POLDEN (Pascale Naquin et Emmanuel Vernus) en s'appuyant notamment sur divers rapports d'étude réalisés pour l'ADEME, pour RECORD ou encore directement pour des industriels ou leur syndicat professionnel. Une liste non exhaustive des rapports d'étude d'intérêt pour la mission est présentée ci-après.

L'ensemble de ce travail est présenté sous la forme de matrices déchets / substances joints en annexe.

Les substances ont été regroupées en familles lorsque les informations sont pratiquement inexistantes ("médicaments", "hormones", "PCB", par exemple).

Les déchets sont identifiés par leur code tel qu'il est défini dans le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets. Seules les catégories "*xx xx 99 déchets non spécifiés ailleurs*"; impossible à renseigner, n'a pas été prise en compte dans les tableaux.

Les informations présentées sont uniquement qualitatives (présence probable / présence possible), pour les raisons suivantes :

- **La connaissance du contenu total des déchets est inégale.** Si certains déchets sont bien connus car ils ont donné lieu à des thèses, des études ou des publications (déchets de démolition, mâchefers, cendres d'incinération de centrales thermiques ou d'UIOM, etc.) de nombreux autres déchets sont très mal connus.
- **La composition même des déchets est variable.** Pour un type de déchet correspondant à un code précis de la liste des déchets (par exemple : boues de dragage, terres et cailloux contenant des substances dangereuses, boues provenant du traitement in situ d'effluent, eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses, résidus de réaction et de distillation, gâteaux de filtration et absorbants usés, boues et déchets solides contenant des solvants...) le contenu en substances (dangereuses ou non) varie de façon significative d'un déchet à l'autre, voire même d'un endroit à l'autre d'un gisement donné.
- **Le nombre de paramètres habituellement (et historiquement) analysés dans les déchets est relativement restreint.** Dans les bases de données actuelles, on ne trouve donc pas d'informations sur la plupart des substances concernées par cette étude. Les informations disponibles portent essentiellement sur les métaux, les HAP, hydrocarbures, solvants chlorés, et parfois les PCB.

Les informations sur la présence des substances dangereuses dans les déchets sont donc fournies à titre indicatif sous la forme de **présomption de présence**. Pour les mêmes raisons, il n'a pas été jugé possible de se prononcer sur un niveau d'absence certaine de la substance dans un déchet particulier.

Remarque :

Dans cette synthèse on constate que, pour certains déchets non dangereux, des substances dangereuses peuvent être qualifiées de "présence probable". C'est en particulier le cas des boues de stations d'épurations urbaines. En dehors d'une éventuelle incohérence de la réglementation, cette situation est rendue possible par le fait que la substance dangereuse doit être présente en concentration suffisante pour que le déchet soit qualifié de "contenant des substances dangereuses" et donc de dangereux.

Liste non exhaustive de rapports d'étude d'intérêt pour la mission

Etudes réalisées par POLDEN

ADEME 1995 – Du produit au déchet

ADEME – Etude sur les pollutions des sols liées à la métallurgie de première et seconde fusion des métaux non ferreux, rapport final 14B, Octobre 1995

ADEME - Déchets industriels spéciaux ultimes – Situation et perspectives d'avenir pour la stabilisation, rapport final 46B, Janvier 1997

RECORD - Problématique de l'attribution du caractère dangereux pour certains des déchets à entrées conditionnelles de la liste européenne, rapport final 14E, Mai 2003

SARP INDUSTRIES DEVELOPPEMENT - Etude des impacts environnementaux et sanitaires des déchets dangereux des bâtiments lors et à l'issue de leur démolition, rapport final 93E, Octobre 2005

RECORD - Etude du comportement de déchets mercuriels en scénario de stockage de classe 1, en collaboration avec AETV-Balard, rapport final 64F, 2008

Diverses Etudes de caractérisation de MIOM, REFIOM, cendres volantes de charbon, laitiers d'aciérie, boues industrielles, terres polluées, sédiments, déchets de démolition

Diverses contributions à l'élaboration de Plans Régionaux d'Elimination de Déchets Dangereux (Ile de France, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon, Picardie, Centre, Auvergne, Pays de la Loire, Basse-Normandie, Poitou-Charentes)

Autres études

INERIS- Evaluation de l'écotoxicité des déchets – Synthèse des résultats obtenus, propositions de seuils de classement, optimisation de la batterie de bioessais, rapport intermédiaire, Avril 2000

ADEME - Caractérisation des déchets de bois de chantiers de bâtiments, recommandations de tri, pistes de valorisation, rapport final CSTB, Mars 2006

présence CERTAINE de la substance	✗	01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux					
présence POSSIBLE de la substance	▲	01 03 déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères			01 04 déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères	01 05 boues de forage et autres déchets de forage	
		01 03 04*	01 03 05*	01 03 07*	01 04 07*	01 05 05*	01 05 06*
		stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure	autres stériles avec subst. dangereuses	autres déchets avec subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères	déchets avec subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères	boues et autres déchets de forage avec hydrocarbures	boues et autres déchets de forage avec subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés	▲	▲	▲	▲		▲
	cadmium & composés	▲	▲	▲	▲		▲
	chrome & composés	▲	▲	▲	▲		▲
	cuivre & composés	▲	▲	▲	▲		▲
	mercure & composés	▲	▲	▲	▲		▲
	nickel & composés	▲	▲	▲	▲		▲
	plomb & composés	▲	▲	▲	▲		▲
	zinc & composés	▲	▲	▲	▲		▲
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane						
	dichlorométhane						
	chloroforme						
	tétrachloroéthylène						
	tétrachlorure de carbone						
	trichloroéthylène						
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol						
	pentachlorophénol						
HAP	HAP						
pesticides azotés	atrazine						
	irgarol						
	bifénox						
	acfonifène						
	quinoxifène						
	terbutryne						
	zeta cyperméthrine						
	diuron						
	isoproturon						
	simazine						
pesticides chlorés	dicofol						
	heptachlore						
	hexachlorocyclohexane αβγ						
pesticides phosphorés	dichlorvos						
BTEX	benzène					▲	
	toluène					▲	
	éthylbenzène					▲	
	o,m,p-xylènes					▲	
	isopropylbenzène					▲	
chlorobenzènes	chlorobenzène						
	pentachlorobenzène						
	hexachlorobenzène						
divers	biphényle						
	cyanures		▲	▲			
nonyl- & octylphénols	nonylphénols						
	octylphénols						
PCB & dioxines	PCB						
	dioxines						
butylphosphate	tributylphosphate						
butylétain cations	monobutylétain cation						
	dibutylétain cation						
	tributylétain cation						
médicaments	dichlofénac						
	ibuprofène						
hormones	17 β oestradiol						
	17 α ethinylestradiol						
ignifuges bromés	HBCDD						
	diphényléthers polybromés						
tensioactifs	PFOS & sels						

présence certaine de la substance	✘	02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.	
présence possible de la substance	⚠	02 01 déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche	02 03 déchets provenant de la préparation et de la transformation des fruits, des légumes, des céréales, des huiles alimentaires, du cacao, du café, du thé et du tabac etc.
		02 01 08* déchets agrochimiques avec subst. dangereuses	02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation
métaux et composés			
		arsenic & composés	
		cadmium & composés	
		chrome & composés	
		cuivre & composés	
		mercure & composés	
		nickel & composés	
		plomb & composés	
		zinc & composés	
solvants chlorés			
		1,2-dichloroéthane	
		dichlorométhane	
		chloroforme	
		tétrachloroéthylène	
		tétrachlorure de carbone	
		trichloroéthylène	
chlorophénols			
		2,4,6-trichlorophénol	
		pentachlorophénol	
HAP		HAP	
pesticides azotés			
		atrazine	⚠
		irgarol	⚠
		bifénox	⚠
		aclonifén	⚠
		quinoxylène	⚠
		terbutryne	⚠
		zeta cyperméthrine	⚠
		diuron	⚠
		isoproturon	⚠
		simazine	⚠
pesticides chlorés			
		dicofol	⚠
		heptachlore	⚠
		hexachlorocyclohexane αβγ	⚠
pesticides phosphorés			
		dichlorvos	⚠
BTEX			
		benzène	
		toluène	
		éthylbenzène	
		o,m,p-xylènes	
		isopropylbenzène	
chlorobenzènes			
		chlorobenzène	
		pentachlorobenzène	
		hexachlorobenzène	
divers			
		biphényle	
		cyanures	
nonyl- & octylphénols			
		nonylphénols	
		octylphénols	
PCB & dioxines			
		PCB	
		dioxines	
butylphosphate			
		tributylphosphate	
butylétain cations			
		monobutylétain cation	
		dibutylétain cation	
		tributylétain cation	
médicaments			
		dichlofénac	
		ibuprofène	
hormones			
		17 β estradiol	
		17 α ethinylestradiol	
ignifuges bromés			
		HBCDD	
		diphényléthers polybromés	
tensioactifs			
		PFOS & sels	

présence CERTAINE de la substance		03 Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton.										
présence POSSIBLE de la substance		03 01 déchets provenant de la transformation du bois et de la fabrication de panneaux et de meubles	03 02 déchets des produits de protection du bois					03 03 déchets provenant de la production et de la transformation de papier, de carton et de pâte à papier				
		03 01 04*	03 02 01*	03 02 02*	03 02 03*	03 02 04*	03 02 05*	03 03 05	03 03 07	03 03 08	03 03 10	03 03 11
		sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages contenant des subst. dangereuses	composés organiques non halogénés de protection du bois	composés organochlorés de protection du bois	composés organométalliques de protection du bois	composés inorganiques de protection du bois	autres produits de protection du bois contenant des substances dangereuses	boues de désencrage provenant du recyclage du papier	refus séparés mécaniquement provenant du recyclage de déchets de papier et de carton	déchets provenant du tri de papier et de carton destinés au recyclage	refus fibreux, boues de fibres, de charge et de couchage provenant d'une séparation mécanique	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 03 03 10
métaux et composés	arsenic & composés											
	cadmium & composés											
	chrome & composés											
	cuivre & composés											
	mercure & composés											
	nickel & composés											
	plomb & composés											
	zinc & composés											
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane											
	dichlorométhane											
	chloroforme											
	tétrachloroéthylène											
	tétrachlorure de carbone											
	trichloroéthylène											
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol											
	pentachlorophénol											
HAP	HAP											
pesticides azotés	atrazine											
	irgarol											
	bifénox											
	acfonifén											
	quinoxifène											
	terbutryne											
	zeta cyperméthrine											
	diuron											
	isoproturon											
	simazine											
pesticides chlorés	dicofof											
	heptachlore											
	hexachlorocyclohexane αβγ											
pesticides phosphorés	dichlorvos											
BTEX	benzène											
	toluène											
	éthylbenzène											
	o,m,p,-xylènes											
	isopropylbenzène											
chlorobenzènes	chlorobenzène											
	pentachlorobenzène											
	hexachlorobenzène											
divers	biphényle											
	cyanures											
nonyl- & octylphénols	nonylphénols											
	octylphénols											
PCB & dioxines	PCB											
	dioxines											
butylphosphate	tributylphosphate											
butylétain cations	monobutylétain cation											
	dibutylétain cation											
	tributylétain cation											
médicaments	dichlofénac											
	ibuprofène											
hormones	17 β estradiol											
	17 α ethinylestradiol											
ignifuges bromés	HBCDD											
	diphényléthers polybromés											
tensioactifs	PFOS & sels											

présence certaine de la substance	X	04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile.									
		04 01 déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure				04 02 déchets de l'industrie textile					
présence possible de la substance	⚠	04 01 03*	04 01 04	04 01 06	04 01 08	04 02 09	04 02 10	04 02 14*	04 02 16*	04 02 19*	
		déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide	liqueur de tannage contenant du chrome	boues, notamment provenant du traitement in situ des effluents, contenant du chrome	déchets de cuir tanné (refentes sur bleu, dérayures, échantillons, poussières de ponçage) avec du chrome	matériaux composites (textile imprégné, élastomère, plastomère)	matières organiques issues de produits naturels (par exemple, graisse, cire)	déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques	teintures et pigments contenant des substances dangereuses	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	
métaux et composés											
	arsenic & composés										
	cadmium & composés										
	chrome & composés		X	X	X						
	cuivre & composés										
	mercure & composés										
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane	⚠						⚠		⚠	
	dichlorométhane	⚠						⚠		⚠	
	chloroforme	⚠						⚠		⚠	
	tétrachloroéthylène	X						⚠		⚠	
	tétrachlorure de carbone	⚠						⚠		⚠	
	trichloroéthylène	X						⚠		⚠	
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol										
	pentachlorophénol										
HAP	HAP										
pesticides azotés	atrazine										
	irgarol										
	biténox										
	acilonifène										
	quinoxifène										
	terbutryne										
	zeta cyperméthrine										
	diuron										
	isoproturon										
pesticides chlorés	dicofol										
	heptachlore										
	hexachlorocyclohexane αβγ										
pesticides phosphorés	dichlorvos										
BTEX	benzène							⚠		⚠	
	toluène							⚠		⚠	
	éthylbenzène							⚠		⚠	
	o,m,p,-xylènes							⚠		⚠	
chlorobenzènes	isopropylbenzène							⚠		⚠	
	chlorobenzène										
	pentachlorobenzène										
divers	hexachlorobenzène										
	biphényle										
nonyl- & octylphénols	cyanures										
	nonylphénols										
PCB & dioxines	octylphénols										
	PCB										
butylphosphate	dioxines										
	tributylphosphate										
	monobutylétain cation										
butylétain cations	dibutylétain cation										
	tributylétain cation										
médicaments	dichlofénac										
	ibuprofène										
hormones	17 β estradiol										
	17 α ethinylestradiol										
ignifuges bromés	HBCDD										
	diphényléthers polybromés										
tensioactifs	PFOS & sels										

présence certaine de la substance	✘	05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon.																	
présence possible de la substance	⚠	05 01 déchets provenant du raffinage du pétrole															05 06 déchets provenant du traitement pyrolytique du charbon		05 07 déchets provenant de la purification et du transport du gaz naturel
		05 01 02*	05 01 03*	05 01 04*	05 01 05*	05 01 06*	05 01 07*	05 01 08*	05 01 09*	05 01 11*	05 01 12*	05 01 13	05 01 14	05 01 15*	05 01 16	05 01 17	05 06 01*	05 06 03*	05 07 01*
		boues de dessalage	boues de fond de cuves	boues d'alkyles acides	hydrocarbures accidentellement répandus	boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation	goudrons acides	autres goudrons et bitumes	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances	déchets provenant du nettoyage d'hydrocarbures avec des bases	hydrocarbures contenant des acides	boues du traitement de l'eau d'alimentation des chaudières	déchets provenant des colonnes de refroidissement	argiles de filtration usées	déchets contenant du soufre provenant de la désulfuration du pétrole	mélanges bitumineux	goudrons acides	autres goudrons	déchets contenant du mercure
métaux et composés	arsenic & composés																		
	cadmium & composés																		
	chrome & composés																		
	cuivre & composés																		
	mercure & composés																		✘
	nickel & composés																		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																		
	dichlorométhane																		
	chloroforme																		
	tétrachloroéthylène																		
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																		
	pentachlorophénol																		
HAP	HAP		⚠			⚠	✘	✘								✘	✘		
pesticides azotés	atrazine																		
	irgarol																		
	bifénox																		
	acilonifén																		
	quinoxifène																		
	terbutryne																		
	zeta cyperméthrine																		
	diuron																		
	isoproturon																		
	simazine																		
pesticides chlorés	dicofof																		
	heptachlore																		
	hexachlorocyclohexane αβγ																		
pesticides phosphorés	dichlorvos																		
BTEX	benzène				⚠	⚠													
	toluène				⚠	⚠													
	éthylbenzène				⚠	⚠													
	o,m,p,-xylènes				⚠	⚠													
	isopropylbenzène				⚠	⚠													
chlorobenzènes	chlorobenzène																		
	pentachlorobenzène																		
	hexachlorobenzène																		
divers	biphényle																		
	cyanures																		
nonyl- & octylphénols	nonylphénols																		
	octylphénols																		
PCB & dioxines	PCB																		
	dioxines																		
butylphosphate	tributylphosphate																		
butylétain cations	monobutylétain cation																		
	dibutylétain cation																		
	tributylétain cation																		
médicaments	dichlofénac																		
	ibuprofène																		
hormones	17 β estradiol																		
	17 α ethinylestradiol																		
ignifuges bromés	HBCDD																		
	diphényléthers polybromés																		
tensioactifs	PFOS & sels																		

présence certaine de la substance	06 Déchets des procédés de la chimie minérale.	06 01 déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) d'acides						06 02 déchets provenant de la FFDU de bases				06 03 déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques			06 04 déchets contenant des métaux autres que ceux visés à la section 06 03		
présence possible de la substance		06 01 01*	06 01 02*	06 01 03*	06 01 04*	06 01 05*	06 01 06*	06 02 01*	06 02 03*	06 02 04*	06 02 05*	06 03 11*	06 03 13*	06 03 15*	06 04 03*	06 04 04*	06 04 05*
		acide sulfurique et acide sulfureux	acide chlorhydrique	acide fluorhydrique	acide phosphorique et acide phosphoreux	acide nitrique et acide nitreux	autres acides	hydroxyde de calcium	hydroxyde d'ammonium	hydroxyde de sodium et hydroxyde de potassium	autres bases	sels solides et solutions contenant des cyanures	sels solides et solutions contenant des métaux lourds	oxydes métalliques contenant des métaux lourds	déchets contenant de l'arsenic	déchets contenant du mercure	déchets contenant d'autres métaux lourds
métaux et composés	arsenic & composés																
	cadmium & composés																
	chrome & composés																
	cuivre & composés																
	mercure & composés																
	nickel & composés																
	plomb & composés																
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																
	dichlorométhane																
	chloroforme																
	tétrachloroéthylène																
	tétrachlorure de carbone																
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																
	pentachlorophénol																
HAP	HAP																
pesticides azotés	atrazine																
	irgarol																
	bifénox																
	acéonifén																
	quinoxifène																
	terbutryne																
	zeta cyperméthrine																
	diuron																
pesticides chlorés	dicofol																
	heptachlore																
	hexachlorocyclohexane αβγ																
pesticides phosphorés	dichlorvos																
BTEX	benzène																
	toluène																
	éthylbenzène																
	o,m,p,-xyliènes																
chlorobenzènes	isopropylbenzène																
	chlorobenzène																
	pentachlorobenzène																
divers	hexachlorobenzène																
	biphényle																
nonyl- & octylphénols	cyanures																
	nonylphénols																
PCB & dioxines	octylphénols																
	PCB																
butylphosphate	dioxines																
	tributylphosphate																
butylétain cations	monobutylétain cation																
	dibutylétain cation																
	tributylétain cation																
médicaments	dichlorofénac																
	ibuprofène																
hormones	17 β estradiol																
	17 α ethinylestradiol																
ignifuges bromés	HBCDD																
	diphényléthers polybromés																
tensioactifs	PFOS & sels																

présence certaine de la substance		06 Déchets des procédés de la chimie minérale.												
présence possible de la substance		06 05 boues provenant du traitement in situ des effluents	06 06 déchets provenant de la FFDU de produits contenant du soufre, de la chimie du soufre et des procédés de désulfuration	06 07 déchets provenant de la FFDU des halogènes et de la chimie des halogènes					06 09 déchets provenant de la FFDU des produits chimiques contenant du phosphore et de la chimie du phosphore	06 10 déchets provenant de la FFDU de produits contenant de l'azote, de la chimie de l'azote et de la production d'engrais	06 13 déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs			
		06 05 02*	06 06 02*	06 07 01*	06 07 02*	06 07 03*	06 07 04*	06 07 99	06 09 03*	06 10 02*	06 13 01*	06 13 02*	06 13 03	06 13 05*
		boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	déchets contenant des sulfures dangereux	déchets contenant de l'amiante provenant de l'électrolyse	déchets de charbon actif utilisé pour la production du chlore	boues de sulfate de baryum contenant du mercure	solutions et acides, par exemple, acide de contact	déchets non spécifiés ailleurs	déchets de réactions basées sur le calcium contenant des subst. dangereuses	déchets contenant des substances dangereuses	produits phytosanitaires inorganiques, agents de protection du bois et autres biocides	charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)	noir de carbone	suies
métaux et composés	arsenic & composés	▲									✗	▲		
	cadmium & composés	▲									✗	▲		
	chrome & composés	▲									✗	▲		
	cuivre & composés	▲									✗	▲		
	mercure & composés	▲				✗	✗					▲		
	nickel & composés	▲										▲		
	plomb & composés	▲										▲		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane													
	dichlorométhane													
	chloroforme													
	tétrachloroéthylène													
	tétrachlorure de carbone													
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol													
	pentachlorophénol													
HAP	HAP													▲
pesticides azotés	atrazine													
	irgarol													
	bifénox													
	acéonifén													
	quinoxifène													
	terbutryne													
	zeta cyperméthrine													
	diuron													
	isoproturon													
	simazine													
pesticides chlorés	dicofol													
	heptachlore													
	hexachlorocyclohexane αβγ													
pesticides phosphorés	dichlorvos													
BTEX	benzène													
	toluène													
	éthylbenzène													
	o,m,p.-xylènes													
	isopropylbenzène													
chlorobenzènes	chlorobenzène													
	pentachlorobenzène													
	hexachlorobenzène													
divers	biphényle													
	cyanures	▲												
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols													
PCB & dioxines	PCB													
	dioxines													
butylphosphate	tributylphosphate													
butylétain cations	monobutylétain cation													
	dibutylétain cation													
	tributylétain cation													
médicaments	dichlorofénac													
	ibuprofène													
hormones	17 β oestradiol													
	17 α othinylestradiol													
ignifuges bromés	HBCDD													
	diphényléthers polybromés													
tensioactifs	PFOS & sels													

présence certaine de la substance		07 Déchets des procédés de la chimie organique																	
présence possible de la substance		07 01 déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base							07 02 déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques										
		07 01 01*	07 01 03*	07 01 04*	07 01 07*	07 01 08*	07 01 09*	07 01 10*	07 01 11*	07 02 01*	07 02 03*	07 02 04*	07 02 07*	07 02 08*	07 02 09*	07 02 10*	07 02 11*	07 02 14*	07 02 16*
		eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques	résidus de réaction et résidus de distillation halogénés	autres résidus de réaction et résidus de distillation	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés	autres gâteaux de filtration et absorbants usés	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques	résidus de réaction et résidus de distillation halogénés	autres résidus de réaction et résidus de distillation	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés	autres gâteaux de filtration et absorbants usés	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	déchets provenant d'additifs contenant des substances dangereuses	déchets contenant des silicones dangereux
métaux et composés	arsenic & composés																		
	cadmium & composés																		
	chrome & composés																		
	cuivre & composés																		
	mercure & composés																		
	nickel & composés																		
	plomb & composés																		
zinc & composés																			
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																		
	dichlorométhane																		
	chloroforme																		
	tétrachloroéthylène																		
	tétrachlorure de carbone																		
	trichloroéthylène																		
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																		
	pentachlorophénol																		
HAP	HAP																		
pesticides azotés	atrazine																		
	irgarol																		
	bifénox																		
	acétonifén																		
	quinoxifène																		
	terbutryne																		
	zeta cyperméthrine																		
	diuron																		
	isoproturon																		
	símazine																		
pesticides chlorés	dicofol																		
	heptachlore																		
	hexachlorocyclohexane αβγ																		
pesticides phosphorés	dichlorvos																		
BTEX	benzène																		
	toluène																		
	éthylbenzène																		
	o,m,p,-xylènes																		
	isopropylbenzène																		
chlorobenzènes	chlorobenzène																		
	pentachlorobenzène																		
	hexachlorobenzène																		
divers	biphényle																		
	cyanures																		
nonyl- & octylphénols	nonylphénols																		
	octylphénols																		
PCB & dioxines	PCB																		
	dioxines																		
butylphosphate	tributylphosphate																		
butylétain cations	monobutylétain cation																		
	dibutylétain cation																		
	tributylétain cation																		
médicaments	dichlorofénac																		
	ibuprofène																		
hormones	17 β estradiol																		
	17 α ethinylestradiol																		
ignifuges bromés	HBCCDD																		
	diphényléthers polybromés																		
tensioactifs	PFOS & sels																		

présence certaine de la substance	✘	07 Déchets des procédés de la chimie organique																
présence possible de la substance	⚠	07 03 déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)								07 04 déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides								
		07 03 01*	07 03 03*	07 03 04*	07 03 07*	07 03 08*	07 03 09*	07 03 10*	07 03 11*	07 04 01*	07 04 03*	07 04 04*	07 04 07*	07 04 08*	07 04 09*	07 04 10*	07 04 11*	07 04 13*
		eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques	résidus de réaction et résidus de distillation halogénés	autres résidus de réaction et résidus de distillation	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés	autres gâteaux de filtration et absorbants usés	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques	résidus de réaction et résidus de distillation halogénés	autres résidus de réaction et résidus de distillation	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés	autres gâteaux de filtration et absorbants usés	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	déchets solides contenant des substances dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés																	
	cadmium & composés																	
	chrome & composés																	
	cuivre & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	mercure & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
solvants chlorés	nickel & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	plomb & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	zinc & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	1,2-dichloroéthane																	
	dichlorométhane																	
chlorophénols	chloroforme																	
	tétrachloroéthylène																	
HAP	tétrachlorure de carbone																	
	trichloroéthylène																	
pesticides azotés	2,4,6-trichlorophénol																	
	pentachlorophénol																	
	HAP	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	atrazine									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	irgarol									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	bifénox									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	acifonifén									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	quinoxifène									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
pesticides chlorés	terbutryne									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	zeta cyperméthrine									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	diuron									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	isoproturon									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	simazine									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	dicofol									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	heptachlore									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
pesticides phosphorés	hexachlorocyclohexane αβγ									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	dichlorvos									⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
BTEX	benzène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	toluène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	éthylbenzène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	o,m,p,-xylènes	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	isopropylbenzène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
chlorobenzènes	chlorobenzène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠									
	pentachlorobenzène																	
	hexachlorobenzène																	
divers	biphényle																	
	cyanures																	
nonyl- & octylphénols	nonylphénols																	
	octylphénols																	
PCB & dioxines	PCB																	
	dioxines																	
butylphosphate	tributylphosphate																	
	monobutylétain cation																	
butylétain cations	dibutylétain cation																	
	tributylétain cation																	
médicaments	dichlofénac																	
	ibuprofène																	
hormones	17 β estradiol																	
	17 α ethinylestradiol																	
ignifuges bromés	HBCDD																	
	diphényléthers polybromés																	
tensioactifs	PFOS & sels																	

présence certaine de la substance	✘	07 Déchets des procédés de la chimie organique																
présence possible de la substance	⚠	07 05 déchets provenant de la FDU des produits pharmaceutiques									07 06 déchets provenant de la FDU des corps gras, savons, détergents, désinfectants et cosmétiques							
		07 05 01*	07 05 03*	07 05 04*	07 05 07*	07 05 08*	07 05 09*	07 05 10*	07 05 11*	07 05 13*	07 06 01*	07 06 03*	07 06 04*	07 06 07*	07 06 08*	07 06 09*	07 06 10*	07 06 11*
		eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques	résidus de réaction et résidus de distillation halogénés	autres résidus de réaction et résidus de distillation	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés	autres gâteaux de filtration et absorbants usés	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	déchets solides contenant des substances dangereuses	eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques	résidus de réaction et résidus de distillation halogénés	autres résidus de réaction et résidus de distillation	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés	autres gâteaux de filtration et absorbants usés	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés cadmium & composés chrome & composés cuivre & composés mercure & composés nickel & composés plomb & composés zinc & composés																	
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane dichlorométhane chloroforme tétrachloroéthylène tétrachlorure de carbone trichloroéthylène																	
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol																	
HAP	HAP																	
pesticides azotés	atrazine irgarol bifénox aclonifen quinoxifène terbutryne zeta cyperméthrine diuron isoproturon simazine																	
pesticides chlorés	dicofof heptachlore hexachlorocyclohexane αβγ																	
pesticides phosphorés	dichlorvos																	
BTEX	benzène toluène éthylbenzène o,m,p,-xylènes isopropylbenzène																	
chlorobenzènes	chlorobenzène pentachlorobenzène hexachlorobenzène																	
divers	biphényle cyanures																	
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols																	
PCB & dioxines	PCB dioxines																	
butylphosphate	tributylphosphate																	
butylétain cations	monobutylétain cation dibutylétain cation tributylétain cation																	
médicaments	dichlofénac ibuprofène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠								
hormones	17 β estradiol 17 α ethinylestradiol	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠								
ignifuges bromés	HBCDD diphényléthers polybromés																	
tensioactifs	PFOS & sels										⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠

présence certaine de la substance	✘	07 Déchets des procédés de la chimie organique							
présence possible de la substance	⚠	07 07 déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs							
		07 07 01*	07 07 03*	07 07 04*	07 07 07*	07 07 08*	07 07 09*	07 07 10*	07 07 11*
		eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques	résidus de réaction et résidus de distillation halogénés	autres résidus de réaction et résidus de distillation	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés	autres gâteaux de filtration et absorbants usés	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés cadmium & composés chrome & composés cuivre & composés mercure & composés nickel & composés plomb & composés zinc & composés								
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane dichlorométhane chloroforme tétrachloroéthylène tétrachlorure de carbone trichloroéthylène		⚠		⚠		⚠		
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol		⚠		⚠		⚠		
HAP	HAP								
pesticides azotés	atrazine irgarol bifénox aclonifen quinoxifène terbutryne zeta cyperméthrine diuron isoproturon simazine								
pesticides chlorés	dicofol heptachlore hexachlorocyclohexane αβγ								
pesticides phosphorés	dichlorvos								
BTEX	benzène toluène éthylbenzène o,m,p,-xylènes isopropylbenzène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
chlorobenzènes	chlorobenzène pentachlorobenzène hexachlorobenzène		⚠		⚠		⚠		
divers	biphényle cyanures								
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols								
PCB & dioxines	PCB dioxines								
butylphosphate	tributylphosphate								
butylétain cations	monobutylétain cation dibutylétain cation tributylétain cation								
médicaments	dichlofénac ibuprofène								
hormones	17 β estradiol 17 α ethinylestradiol								
ignifuges bromés	HBCDD diphényléthers polybromés								
tensioactifs	PFOS & sels								

présence certaine de la substance	✘	08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression.															
présence possible de la substance	⚠	08 01 déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis						08 02 déchets provenant de la FFDU d'autres produits de revêtement (dont matériaux céramiques)			08 03 déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression						
		08 01 11*	08 01 13*	08 01 15*	08 01 17*	08 01 19*	08 01 21*	08 02 01	08 02 02	08 02 03	08 03 07	08 03 12*	08 03 14*	08 03 16*	08 03 17*	08 03 19*	
		déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses	boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses	boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses	déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses	suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses	déchets de décapants de peintures ou vernis	déchets de produits de revêtement en poudre	boues aqueuses contenant des matériaux céramiques	suspensions aqueuses contenant des matériaux céramiques	boues aqueuses contenant de l'encre	déchets d'encres contenant des substances dangereuses	boues d'encre contenant des substances dangereuses	déchets de solutions de gravure à l'eau forte	déchets de toner d'impression contenant des substances dangereuses	huiles dispersées	
métaux et composés	arsenic & composés																
	cadmium & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠								⚠		
	chrome & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠								⚠		
	cuivre & composés													✘	⚠		
	mercure & composés														⚠		
	nickel & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠								⚠		
	plomb & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠								⚠		
solvants chlorés	zinc & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠								⚠		
	1,2-dichloroéthane	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠										
	dichlorométhane	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠										
	chloroforme																
chlorophénols	tétrachloroéthylène																
	tétrachlorure de carbone																
	trichloroéthylène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠										
	2,4,6-trichlorophénol																
	pentachlorophénol																
HAP	HAP										⚠	⚠	⚠			⚠	
pesticides azotés	atrazine																
	irgarol																
	bifénox																
	acilonifène																
	quinoxifène																
	terbutryne																
	zeta cyperméthrine																
	diuron																
	isoproturon																
	simazine																
pesticides chlorés	dicofof																
	heptachlore																
	hexachlorocyclohexane αβγ																
pesticides phosphorés	dichlorvos																
BTEX	benzène														⚠		
	toluène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠				⚠	⚠	⚠		⚠		
	éthylbenzène	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠				⚠	⚠	⚠		⚠		
	o,m,p-xylènes	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠				⚠	⚠	⚠		⚠		
chlorobenzènes	isopropylbenzène																
	chlorobenzène																
	pentachlorobenzène																
divers	hexachlorobenzène																
	biphényle																
nonyl- & octylphénols	cyanures																
	nonylphénols																
PCB & dioxines	octylphénols																
	PCB																
butylphosphate	dioxines																
	tributylphosphate																
butylétain cations	monobutylétain cation																
	dibutylétain cation																
	tributylétain cation																
médicaments	dichlofénac																
	ibuprofène																
hormones	17 β estradiol																
	17 α ethinylestradiol																
ignifuges bromés	HBCDD																
	diphényléthers polybromés																
tensioactifs	PFOS & sels																

présence certaine de la substance	✘	08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression.					
présence possible de la substance	⚠	08 04 déchets provenant de la FFDU de colles et mastics (y compris produits d'étanchéité)				08 05 Déchets non spécifiés ailleurs dans le chapitre 08	
		08 04 09*	08 04 11*	08 04 13*	08 04 15*	08 04 17*	08 05 01*
		déchets de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses	boues de colles et mastics contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses	boues aqueuses contenant des colles ou mastics contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses	déchets liquides aqueux contenant des colles ou mastics contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses	huile de résine	déchets d'isocyanates
métaux et composés	arsenic & composés cadmium & composés chrome & composés cuivre & composés mercure & composés nickel & composés plomb & composés zinc & composés						
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane	⚠	⚠	⚠	⚠		
	dichlorométhane						
	chloroforme						
	tétrachloroéthylène						
	tétrachlorure de carbone						
	trichloroéthylène	⚠	⚠	⚠	⚠		
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol						
HAP	HAP						
pesticides azotés	atrazine						
	irgarol						
	bifénox						
	acétonifène						
	quinoxifène						
	terbutryne						
	zeta cyperméthrine						
	diuron						
pesticides chlorés	isoproturon						
	simazine						
	dicofol						
	heptachlore						
	hexachlorocyclohexane αβγ						
pesticides phosphorés	dichlorvos						
BTEX	benzène						
	toluène						
	éthylbenzène	⚠	⚠	⚠	⚠		
	o,m,p-xylènes						
	isopropylbenzène						
chlorobenzènes	chlorobenzène						
	pentachlorobenzène						
	hexachlorobenzène						
divers	biphényle cyanures					✘	
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols						
PCB & dioxines	PCB dioxines						
butylphosphate	tributylphosphate						
butylétain cations	monobutylétain cation dibutylétain cation tributylétain cation						
médicaments	dichlofénac ibuprofène						
hormones	17 β estradiol						
	17 α ethinylestradiol						
ignifuges bromés	HBCDD						
	diphényléthers polybromés						
tensioactifs	PFOS & sels						

présence certaine de la substance 		09 Déchets provenant de l'industrie photographique.							
présence possible de la substance 		09 01 déchets de l'industrie photographique							
		09 01 01*	09 01 02*	09 01 03*	09 01 04*	09 01 05*	09 01 06*	09 01 11*	09 01 13*
		bains de développement aqueux contenant un activateur	bains de développement aqueux pour plaques offset	bains de développement contenant des solvants	bains de fixation	bains de blanchiment et bains de blanchiment-fixation	déchets contenant de l'argent provenant du traitement in situ des déchets de la photo	appareils photographiques à usage unique contenant des piles visées aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03	déchets liquides aqueux provenant de la récupération in situ de l'argent autres que 09 01 06
métaux et composés	arsenic & composés								
	cadmium & composés								
	chrome & composés								
	cuivre & composés								
	mercure & composés								
	nickel & composés								
	plomb & composés								
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane								
	dichlorométhane								
	chloroforme								
	tétrachloroéthylène								
	tétrachlorure de carbone								
chlorophénols	trichloroéthylène								
	2,4,6-trichlorophénol								
HAP	pentachlorophénol								
	HAP								
pesticides azotés	atrazine								
	irgarol								
	bifénox								
	acéonifén								
	quinoxifène								
	terbutryne								
	zeta cyperméthrine								
	diuron								
	isoproturon								
	simazine								
pesticides chlorés	dicofol								
	heptachlore								
	hexachlorocyclohexane αβγ								
pesticides phosphorés	dichlorvos								
BTEX	benzène								
	toluène								
	éthylbenzène								
	o,m,p-xylènes								
	isopropylbenzène								
chlorobenzènes	chlorobenzène								
	pentachlorobenzène								
	hexachlorobenzène								
divers	biphényle								
	cyanures								
nonyl- & octylphénols	nonylphénols								
	octylphénols								
PCB & dioxines	PCB								
	dioxines								
butylphosphate	tributylphosphate								
butylétain cations	monobutylétain cation								
	dibutylétain cation								
	tributylétain cation								
médicaments	dichlofénaç								
	ibuprofène								
hormones	17 β estradiol								
	17 α ethinylestradiol								
ignifuges bromés	HBCCD								
	diphényléthers polybromés								
tensioactifs									
	PFOS & sels								

présence certaine de la substance		10 Déchets provenant de procédés thermiques															
présence possible de la substance		10 01 déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)															
		10 01 01	10 01 02	10 01 03	10 01 04*	10 01 05	10 01 07	10 01 09*	10 01 13*	10 01 14*	10 01 16*	10 01 18*	10 01 20*	10 01 22*	10 01 24	10 01 25	10 01 26
		mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de 10 01 04)	cendres volantes de charbon	cendres volantes de tourbe et de bois non traité	cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures	déchets solides de réactions basées sur le calcium, provenant de la désulfuration des gaz de fumées	boues de réactions basées sur le calcium, provenant de la désulfuration des gaz de fumée	acide sulfurique	cendres volantes provenant d'hydrocarbures employés comme combustibles	mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses	centres volantes provenant de la coïncinération des subst. dangereuses	déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des substances dangereuses	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses	boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses	sables provenant de lits fluidisés	déchets provenant du stockage et de la préparation des combustibles des centrales à charbon	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement
métaux et composés	arsenic & composés	▲	✗		▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	cadmium & composés	▲	▲		▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	chrome & composés	▲	✗		▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	cuivre & composés	▲	✗		▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	mercure & composés	▲	▲		▲				▲	▲	▲	✗	▲	▲			
	nickel & composés	▲	✗		▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	plomb & composés	▲	✗		▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	zinc & composés	▲	✗		▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																
	dichlorométhane																
	chloroforme																
	tétrachloroéthylène																
	tétrachlorure de carbone																
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																
	pentachlorophénol																
HAP	HAP	▲	▲	▲	▲			▲	▲	▲	▲	▲	▲				
pesticides azotés	atrazine																
	lrgarol																
	bifénox																
	actonifen																
	quinoxifène																
	terbutryne																
	zeta cyperméthrine																
	diuron																
pesticides chlorés	dicofol																
	heptachlore																
	hexachlorocyclohexane αβγ																
pesticides phosphorés	dichlorvos																
BTEX	benzène																
	toluène																
	éthylbenzène																
	o,m,p.-xylènes																
	isopropylbenzène																
chlorobenzènes	chlorobenzène																
	pentachlorobenzène																
	hexachlorobenzène																
divers	biphényle																
	cyanures																
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols																
PCB & dioxines	PCB																
	dioxines	▲	▲	▲	▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲			
butylphosphate	tributylphosphate																
butylétain cations	monobutylétain cation																
	dibutylétain cation																
	tributylétain cation																
médicaments	dichlorofénac																
	ibuprofène																
hormones	17 β estradiol																
	17 α ethinylestradiol																
ignifuges bromés	HBCDD																
	diphényléthers polybromés																
tensioactifs	PFOS & sels																

présence certaine de la substance		10 Déchets provenant de procédés thermiques.						
présence possible de la substance		10 02 déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier						
		10 02 01	10 02 01	10 02 08	10 02 10	10 02 11*	10 02 12	10 02 13*
		déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries	laitiers non traités	déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que 10 02 07	battitures de laminoir	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que 10 02 11	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲
	cadmium & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲
	chrome & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲
	cuivre & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲
	mercure & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲
	nickel & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲
	plomb & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲
zinc & composés	▲	▲	▲		▲	▲	▲	
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane							
	dichlorométhane							
	chloroforme							
	tétrachloroéthylène							
	tétrachlorure de carbone							
chlorophénols	trichloroéthylène							
	2,4,6-trichlorophénol							
HAP	pentachlorophénol							
	HAP			▲		▲	▲	▲
pesticides azotés	atrazine							
	irgarol							
	bifénox							
	acilonifén							
	quinoxylène							
	terbutryne							
	zeta cyperméthrine							
	diuron							
	isoproturon							
	simazine							
pesticides chlorés	dicofol							
	heptachlore							
	hexachlorocyclohexane αβγ							
pesticides phosphorés	dichlorvos							
BTEX	benzène							
	toluène							
	éthylbenzène							
	o,m,p,-xylènes							
chlorobenzènes	isopropylbenzène							
	chlorobenzène							
	pentachlorobenzène							
divers	hexachlorobenzène							
	biphényle							
nonyl- & octylphénols	cyanures							
	nonylphénols							
PCB & dioxines	octylphénols							
	PCB			▲		▲	▲	▲
butylphosphate	dioxines							
	tributylphosphate							
butylétain cations	monobutylétain cation							
	dibutylétain cation							
	tributylétain cation							
médicaments	dichlorofénac							
	ibuprofène							
hormones	17 β estrodiol							
	17 α ethinylestradiol							
ignifuges bromés	HBCDD							
	diphényléthers polybromés							
tensioactifs	PFOS & ses is							

présence certaine de la substance		10 Déchets provenant de procédés thermiques.													
présence possible de la substance		10 03 déchets de la pyroméallurgie de l'aluminium													
		10 03 02	10 03 04*	10 03 08*	10 03 09*	10 03 15*	10 03 16	10 03 17*	10 03 18	10 03 19*	10 03 21*	10 03 23*	10 03 25*	10 03 27*	10 03 29*
		déchets d'anodes	scories provenant de la production primaire	scories salées de production secondaire	crasses noires de production secondaire	écumes inflammables ou émettant, au contact de l'eau, des gaz inflammables	écumes autres que 10 03 15	déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes	déchets carbonés provenant de la fabrication des anodes autres que 10 03 17	poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses	autres fines et poussières (& fines de broyage de crasses) contenant des subst. dangereuses	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures	déchets provenant du traitement des scories salées et du traitement des crasses noires contenant des subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés			▲	▲						▲				▲
	cadmium & composés														
	chrome & composés			×	×						×				×
	cuivre & composés			×	×						×				×
	mercure & composés														
	nickel & composés			×	×						×				×
	plomb & composés			×	×						×				×
zinc & composés			×	×						×				×	
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane														
	dichlorométhane														
	chloroforme														
	tétrachloroéthylène														
	tétrachlorure de carbone														
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol														
	pentachlorophénol														
HAP	HAP							×							
pesticides azotés	atrazine														
	lrgarol														
	bfénox														
	acilonifen														
	quinoxifène														
	terbutryne														
	zeta cypermétrine														
	diuron														
pesticides chlorés	dicofol														
	heptachlore														
	hexachlorocyclohexane αβγ														
pesticides phosphorés	dichlorvos														
BTEX	benzène														
	toluène														
	éthylbenzène														
	o,m,p-xylènes														
	isopropylbenzène														
chlorobenzènes	chlorobenzène														
	pentachlorobenzène														
	hexachlorobenzène														
divers	biphényle														
	cyanures														
nonyl- & octylphénols	nonylphénols														
	octylphénols														
PCB & dioxines	PCB														
	dioxines														
butylphosphate	tributylphosphate														
butylétain cations	monobutylétain cation														
	dibutylétain cation														
	tributylétain cation														
médicaments	dichlofénac														
	ibuprofène														
hormones	17 β estradiol														
	17 α éthinylestradiol														
ignifuges bromés	HBCDD														
	diphényléthers polybromés														
tensioactifs	PFOS & sels														

présence certaine de la substance	X	10 Déchets provenant de procédés thermiques.																				
		10 04 déchets provenant de la pyrometallurgie du plomb										10 05 déchets provenant de la pyrometallurgie du zinc										
présence possible de la substance	▲	10 04 01*	10 04 02*	10 04 03*	10 04 04*	10 04 05*	10 04 06*	10 04 07*	10 04 09*	10 04 10	10 04 99	10 05 01	10 05 03*	10 05 04	10 05 05*	10 05 06*	10 05 08*	10 05 09	10 05 10*	10 05 11	10 05 99	
		scories provenant de la production primaire et secondaire	crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire	arséniate de calcium	poussières de filtration des fumées	autres fines et poussières	déchets solides provenant de l'épuration des fumées	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 04 09	déchets non spécifiés ailleurs	scories provenant de la production primaire et secondaire	poussières de filtration des fumées	autres fines et poussières	déchets solides provenant de l'épuration des fumées	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 05 08	crasses et écumes inflammables ou émettant, au contact de l'eau, des gaz inflammables	crasses et écumes autres que celles visées à la rubrique 10 05 10	déchets non spécifiés ailleurs	
métaux et composés	arsenic & composés	▲	▲	X	▲	▲	▲	▲				▲	▲		▲	▲						
	cadmium & composés				▲	▲	▲	▲				X	X		X	X						
	chrome & composés																					
	cuivre & composés	▲	▲				▲	▲				▲										
	mercure & composés						▲	▲							▲	▲						
	nickel & composés						▲	▲														
	plomb & composés	X	X		X	X	X	X	▲	▲	▲	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	zinc & composés	▲	▲		▲	▲	▲	▲				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																					
	dichlorométhane																					
	chloroforme																					
	tétrachloroéthylène																					
	tétrachlorure de carbone																					
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																					
	pentachlorophénol																					
HAP	HAP																					
pesticides azotés	atrazine																					
	lrgarol																					
	bifénox																					
	acilonifén																					
	quinoxifène																					
	terbutryne																					
	zeta cyperméthrine																					
	diuron																					
pesticides chlorés	dicofof																					
	heptachlore																					
	hexachlorocyclohexane αβγ																					
pesticides phosphorés	dichlorvos																					
BTEX	benzène																					
	toluène																					
	éthylbenzène																					
	o,m,p.-xylènes																					
chlorobenzènes	isopropylbenzène																					
	chlorobenzène																					
	pentachlorobenzène																					
divers	hexachlorobenzène																					
	biphényle																					
nonyl- & octylphénols	cyanures																					
	nonylphénols																					
PCB & dioxines	octylphénols																					
	PCB																					
butylphosphate	dioxines																					
	tributylphosphate																					
butylétain cations	monobutylétain cation																					
	dibutylétain cation																					
	tributylétain cation																					
médicaments	dichlorofénac																					
	ibuprofène																					
hormones	17 β estradiol																					
	17 α éthinylestradiol																					
ignifuges bromés	HBCDD																					
	diphényléthers polybromés																					
tensioactifs	PFOS & sels																					

présence certaine de la substance	✘	10 Déchets provenant de procédés thermiques.															
présence possible de la substance	⚠	10 06 déchets provenant de la pyrometallurgie du cuivre								10 07 déchets provenant de la pyrometallurgie de l'argent, de l'or et du platine							
		10 06 01	10 06 02	10 06 03*	10 06 04	10 06 06*	10 06 07*	10 06 09*	10 06 10	10 06 99	10 07 01	10 07 02	10 07 03*	10 07 04	10 07 05	10 07 07*	10 07 08
		scories provenant de la production primaire et secondaire	crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire	poussières de filtration des fumées	autres fines et poussières	déchets solides provenant de l'épuration des fumées	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 06 09	déchets non spécifiés ailleurs	scories provenant de la production primaire et secondaire	crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire	poussières de filtration des fumées	autres fines et poussières	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 07 07
métaux et composés	arsenic & composés	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠										
	cadmium & composés																
	chrome & composés																
	cuivre & composés	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘							
	mercure & composés																
	nickel & composés	⚠	⚠		⚠	⚠	⚠	⚠									
	plomb & composés	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘									
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																
	dichlorométhane																
	chloroforme																
	tétrachloroéthylène																
	tétrachlorure de carbone																
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																
	pentachlorophénol																
HAP	HAP																
pesticides azotés	atrazine																
	irgarol																
	bifénox																
	acilonifén																
	quinoxifène																
	terbutryne																
	zeta cyperméthrine																
	diuron																
	isoproturon																
	simazine																
pesticides chlorés	dicofol																
	heptachlore																
	hexachlorocyclohexane αβγ																
pesticides phosphorés	dichlorvos																
BTEX	benzène																
	toluène																
	éthylbenzène																
	o,m,p.-xylènes																
	isopropylbenzène																
chlorobenzènes	chlorobenzène																
	pentachlorobenzène																
	hexachlorobenzène																
divers	biphényle																
	cyanures																
nonyl- & octylphénols	nonylphénols																
	octylphénols																
PCB & dioxines	PCB																
	dioxines																
butylphosphate	tributylphosphate																
butylétain cations	monobutylétain cation																
	dibutylétain cation																
	tributylétain cation																
médicaments	dichlofénac																
	ibuprofène																
hormones	17 β oestradiol																
	17 α oesthynléstradiol																
ignifuges bromés	HBCDD																
	diphényléthers polybromés																
tensioactifs	PFOS & sels																

présence certaine de la substance	✘	10 Déchets provenant de procédés thermiques.										
présence possible de la substance	⚠	10 08 déchets provenant de la pyroméallurgie d'autres métaux non ferreux										
		10 08 04	10 08 08*	10 08 09	10 08 10*	10 08 11	10 08 12*	10 08 13	10 08 14	10 08 15*	10 08 17*	10 08 19*
		fines et poussières	scories salées provenant de la production primaire et secondaire	autres scories	crasses et écumes inflammables ou émettant, au contact de l'eau, des gaz inflammables	crasses et écumes autres que 10 08 10	déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes	déchets carbonés provenant de la fabrication des anodes autres que 10 08 12	déchets d'anodes	poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
métaux et composés	arsenic & composés cadmium & composés chrome & composés cuivre & composés mercure & composés nickel & composés plomb & composés zinc & composés											
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane dichlorométhane chloroforme tétrachloroéthylène tétrachlorure de carbone trichloroéthylène											
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol											
HAP	HAP						✘					
pesticides azotés	atrazine irgarol bifénox aclonifen quinoxifène terbutryne zeta cyperméthrine diuron isoproturon simazine											
pesticides chlorés	dicofof heptachlore hexachlorocyclohexane αβγ											
pesticides phosphorés	dichlorvos											
BTEX	benzène toluène éthylbenzène o,m,p,-xylénes isopropylbenzène											
chlorobenzènes	chlorobenzène pentachlorobenzène hexachlorobenzène											
divers	biphényle cyanures											
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols											
PCB & dioxines	PCB dioxines											
butylphosphate	tributylphosphate											
butylétain cations	monobutylétain cation dibutylétain cation tributylétain cation											
médicaments	dichlofénac ibuprofène											
hormones	17 β estradiol 17 α éthinyloestradiol											
ignifuges bromés	HBCDD diphényléthers polybromés											
tensioactifs	PFOS & sels											

présence certaine de la substance	✗	10 Déchets provenant de procédés thermiques.														
présence possible de la substance	⚠	10 09 déchets de fonderie de métaux ferreux								10 10 déchets de fonderie de métaux non ferreux						
		10 09 03	10 09 05*	10 09 06	10 09 07*	10 09 09*	10 09 11*	10 09 13*	10 09 15*	10 10 03	10 10 05*	10 10 07*	10 10 09*	10 10 11*	10 10 13*	10 10 15*
		laitiers de four de fonderie	noyaux et moules de fonderie n'ayant pas subi la coulée contenant des subst. dangereuses	noyaux et moules de fonderie n'ayant pas subi la coulée autres que 10 09 05	noyaux et moules de fonderie ayant subi la coulée contenant des subst. dangereuses	poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses	autres fines contenant des subst. dangereuses	déchets de liants contenant des subst. dangereuses	révélateur de criques usagé contenant des subst. dangereuses	laitiers de four de fonderie	noyaux et moules de fonderie n'ayant pas subi la coulée contenant des subst. dangereuses	noyaux et moules de fonderie ayant subi la coulée contenant des subst. dangereuses	poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses	autres fines contenant des subst. dangereuses	déchets de liants contenant des subst. dangereuses	révélateur de criques usagé contenant des subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés					⚠	⚠						⚠	⚠		
	cadmium & composés					⚠	⚠						⚠	⚠		
	chrome & composés					⚠	⚠						⚠	⚠		
	cuivre & composés					⚠	⚠						⚠	⚠		
	mercure & composés					⚠	⚠						⚠	⚠		
	nickel & composés					⚠	⚠						⚠	⚠		
	plomb & composés					⚠	⚠						⚠	⚠		
zinc & composés					⚠	⚠						⚠	⚠			
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane															
	dichlorométhane															
	chloroforme															
	tétrachloroéthylène															
	tétrachlorure de carbone															
trichloroéthylène																
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol															
	pentachlorophénol															
HAP	HAP															
pesticides azotés	atrazine															
	irgarol															
	bifénox															
	aclonifen															
	quinoxifène															
	terbutryne															
	zeta cyperméthrine															
	diuron															
	isoproturon															
	simazine															
pesticides chlorés	dicofol															
	heptachlore															
	hexachlorocyclohexane αβγ															
pesticides phosphorés	dichlorvos															
BTEX	benzène															
	toluène															
	éthylbenzène															
	o,m,p,-xylènes															
chlorobenzènes	isopropylbenzène															
	chlorobenzène															
	pentachlorobenzène															
divers	hexachlorobenzène															
	biphényle															
nonyl- & octylphénols	cyanures															
	nonylphénols															
PCB & dioxines	octylphénols															
	PCB															
butylphosphate	dioxines															
	tributylphosphate															
butylétain cations	monobutylétain cation															
	dibutylétain cation															
	tributylétain cation															
médicaments	dichlofénac															
	ibuprofène															
hormones	17 β estradiol															
	17 α ethinylestradiol															
ignifuges bromés	HBCDD															
	diphényléthers polybromés															
tensioactifs	PFOS & sels															

présence certaine de la substance	✘	10 Déchets provenant de procédés thermiques.																	
présence possible de la substance	⚠	10 11 déchets provenant de la fabrication du verre et des produits verriers								10 12 déchets provenant de la fabrication des produits en céramique, briques, carrelage et matériaux de construction									
		10 11 03	10 11 05	10 11 09*	10 11 11*	10 11 13*	10 11 15*	10 11 17*	10 11 19*	10 12 01	10 12 03	10 12 05	10 12 06	10 12 08	10 12 09*	10 12 11*	10 12 12	10 12 13	
		déchets de matériaux à base de fibre de verre	fines et poussières	déchets de préparation avant cuisson contenant des subst. dangereuses	petites particules de déchets de verre et poudre de verre contenant des métaux lourds (ex:tubes cathodiques)	boues de polissage et de meulage du verre contenant des subst. dangereuses	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses	déchets solides provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses		déchets de préparation avant cuisson	fines et poussières	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées	moules déclassés	déchets de produits en céramique, briques, carrelage et matériaux de construction après cuisson	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses	déchets d'émaillage contenant des métaux lourds	déchets d'émaillage autres que 10 12 11	boues provenant du traitement in situ des effluents
métaux et composés	arsenic & composés cadmium & composés chrome & composés cuivre & composés mercure & composés nickel & composés plomb & composés zinc & composés				⚠														
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane dichlorométhane chloroforme tétrachloroéthylène tétrachlorure de carbone trichloroéthylène																		
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol																		
HAP	HAP																		
pesticides azotés	atrazine irgarol bifénox aclonifen quinoxifène terbutryne zeta cyperméthrine diuron isoproturon simazine																		
pesticides chlorés	dicofol heptachlore hexachlorocyclohexane αβγ																		
pesticides phosphorés	dichlorvos																		
BTEX	benzène toluène éthylbenzène o,m,p,-xylènes isopropylbenzène																		
chlorobenzènes	chlorobenzène pentachlorobenzène hexachlorobenzène																		
divers	biphényle cyanures																		
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols																		
PCB & dioxines	PCB dioxines																		
butylphosphate	tributylphosphate																		
butylétain cations	monobutylétain cation dibutylétain cation tributylétain cation																		
médicaments	dichlofénac ibuprofène																		
hormones	17 β estradiol 17 α ethinylestradiol																		
ignifuges bromés	HBCDD diphényléthers polybromés																		
tensioactifs	PFOS & sels																		

présence certaine de la substance	✘	10 Déchets provenant de procédés thermiques.								
présence possible de la substance	⚠	10 13 déchets provenant de la fabrication de ciment, chaux et plâtre et d'articles et produits dérivés								10 14 déchets de crémateurs
		10 13 01	10 13 04	10 13 06	10 13 07	10 13 09*	10 13 10	10 13 11	10 13 12*	10 14 01*
		déchets de préparation avant cuisson	déchets de calcination et d'hydratation de la chaux	fines et poussières (sauf 10 13 12 et 10 13 13)	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées	déchets provenant de la fabrication d'amiante-ciment contenant de l'amiante	déchets provenant de la fabrication d'amiante-ciment autres que 10 13 09	déchets provenant de la fabrication de matériaux composites à base de ciment autres que 10 13 09 et 10 13 10	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses	déchets provenant de l'épuration des fumées contenant du mercure
métaux et composés	arsenic & composés									
	cadmium & composés									
	chrome & composés									
	cuivre & composés									
	mercure & composés									✘
	nickel & composés									
	plomb & composés									
zinc & composés										
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane									
	dichlorométhane									
	chloroforme									
	tétrachloroéthylène									
	tétrachlorure de carbone									
trichloroéthylène										
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol									
	pentachlorophénol									
HAP	HAP									
pesticides azotés	atrazine									
	irgarol									
	bifénox									
	aclonifen									
	quinoxifène									
	terbutryne									
	zeta cyperméthrine									
	diuron									
	isoproturon									
	simazine									
pesticides chlorés	dicofol									
	heptachlore									
	hexachlorocyclohexane αβγ									
pesticides phosphorés	dichlorvos									
BTEX	benzène									
	toluène									
	éthylbenzène									
	o,m,p,-xylènes									
chlorobenzènes	isopropylbenzène									
	chlorobenzène									
	pentachlorobenzène									
divers	hexachlorobenzène									
	biphényle									
nonyl- & octylphénols	cyanures									
	nonylphénols									
PCB & dioxines	octylphénols									
	PCB									
butylphosphate	dioxines									
	tributylphosphate									
butylétain cations	monobutylétain cation									
	dibutylétain cation									
	tributylétain cation									
médicaments	dichlofénac									
	ibuprofène									
hormones	17 β estradiol									
	17 α ethinylestradiol									
ignifuges bromés	HBCDD									
	diphényléthers polybromés									
tensioactifs	PFOS & sels									

présence certaine de la substance		11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux.												
présence possible de la substance		11 01 déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (ex : galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, phosphatation, dégraissage alcalin et anodisation)												
		11 01 05*	11 01 06*	11 01 07*	11 01 08*	11 01 09*	11 01 10	11 01 11*	11 01 12	11 01 13*	11 01 14	11 01 15*	11 01 16*	11 01 98*
		acides de décapage	acides non spécifiés ailleurs	bases de décapage	boues de phosphatation	boues et gâteaux de filtration contenant des subst. dangereuses	boues et gâteaux de filtration autres que 11 01 09	liquides aqueux de rinçage contenant des substances dangereuses	liquides aqueux de rinçage autres que 11 01 11	déchets de dégraissage contenant des subst. dangereuses	déchets de dégraissage autres que 11 01 13	diluats et boues de systèmes à membrane et de systèmes d'échange d'ions contenant des subst. dangereuses	résines échangeuses d'ions saturées ou usées	autres déchets contenant des subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés													
	cadmium & composés	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	chrome & composés	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	cuivre & composés	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	mercure & composés													
	nickel & composés	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	plomb & composés	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	
zinc & composés	▲	▲	▲	✘	▲	▲	▲				▲	▲		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane									▲				
	dichlorométhane									▲				
	chloroforme									▲				
	tétrachloroéthylène									▲				
	tétrachlorure de carbone									▲				
trichloroéthylène									▲					
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol													
	pentachlorophénol													
HAP	HAP													
pesticides azotés	atrazine													
	irgarol													
	bifénox													
	aclonifén													
	quinoxifène													
	terbutryne													
	zeta cyperméthrine													
	diuron													
pesticides chlorés	isoproturon													
	simazine													
	dicofol													
pesticides chlorés	heptachlore													
	hexachlorocyclohexane αβγ													
	dichlorvos													
BTEX	benzène													
	toluène													
	éthylbenzène													
	o,m,p,-xylènes													
chlorobenzènes	isopropylbenzène													
	chlorobenzène													
	pentachlorobenzène													
divers	hexachlorobenzène													
	biphényle													
nonyl- & octylphénols	cyanures													
	nonylphénols													
PCB & dioxines	octylphénols													
	PCB													
butylphosphate	dioxines													
	tributylphosphate													
butylétain cations	monobutylétain cation													
	dibutylétain cation													
	tributylétain cation													
médicaments	dichlofénac													
	ibuprofène													
hormones	17 β estradiol													
	17 α ethinylestradiol													
ignifuges bromés	HBCDD													
	diphényléthers polybromés													
tensioactifs	PFOS & sels													

présence certaine de la substance		11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux.										
présence possible de la substance		11 02 Déchets provenant des procédés hydrométallurgiques des métaux non ferreux					11 03 Boues et solides provenant de la trempe		11 05 Déchets provenant de la galvanisation à chaud			
		11 02 02*	11 02 03	11 02 05*	11 02 06	11 02 07*	11 03 01*	11 03 02*	11 05 01	11 05 02	11 05 03*	11 05 04*
		boues provenant de l'hydrométallurgie du zinc (dont jarosite et goëthite)	déchets provenant de la production d'anodes pour les procédés d'électrolyse aqueuse	déchets provenant des procédés hydrométallurgiques du cuivre contenant des subst. dangereuses	déchets provenant des procédés hydrométallurgiques du cuivre autres que 11 02 05	autres déchets contenant des subst. dangereuses	déchets cyanurés	autres déchets	mattes	crendres de zinc	déchets solides provenant de l'épuration des fumées	flux utilisé
métaux et composés	arsenic & composés	⚠										
	cadmium & composés	⚠										
	chrome & composés											
	cuivre & composés	⚠		✘	✘							
	mercure & composés											
	nickel & composés											
	plomb & composés	✘							✘	✘	✘	
zinc & composés	✘											
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane											
	dichlorométhane											
	chloroforme											
	tétrachloroéthylène											
	tétrachlorure de carbone											
trichloroéthylène												
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol											
	pentachlorophénol											
HAP	HAP											
pesticides azotés	atrazine											
	irgarol											
	bifénox											
	acilonifen											
	quinoxylène											
	terbutryne											
	zeta cypermétrine											
	diuron											
	isoproturon											
	simazine											
pesticides chlorés	dicofol											
	heptachlore											
	hexachlorocyclohexane αβγ											
pesticides phosphorés	dichlorvos											
BTEX	benzène											
	toluène											
	éthylbenzène											
	o,m,p.-xylènes											
	isopropylbenzène											
chlorobenzènes	chlorobenzène											
	pentachlorobenzène											
	hexachlorobenzène											
divers	biphényle											
	cyanures						✘					
nonyl- & octylphénols	nonylphénols											
	octylphénols											
PCB & dioxines	PCB											
	dioxines											
butylphosphate	tributylphosphate											
butylétain cations	monobutylétain cation											
	dibutylétain cation											
	tributylétain cation											
médicaments	dichlofénac											
	ibuprofène											
hormones	17 β estradiol											
	17 α ethinylestradiol											
ignifuges bromés	HBCDD											
	diphényléthers polybromés											
tensioactifs	PFOS & sels											

présence certaine de la substance		12 Déchets provenant de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques.																			
présence possible de la substance		12 01 Déchets provenant de la mise en forme et du traitement mécanique et physique de surface des métaux et matières plastiques																			
		12 01 01	12 01 02	12 01 03	12 01 04	12 01 05	12 01 06*	12 01 07*	12 01 08*	12 01 09*	12 01 10*	12 01 12*	12 01 13	12 01 14*	12 01 15	12 01 16*	12 01 17	12 01 18*	12 01 19*	12 01 20*	
		limaille et chutes de métaux ferreux	fines et poussières de métaux ferreux	limaille et chutes de métaux non ferreux	fines et poussières de métaux non ferreux	déchets de matières plastiques d'ébarbage et de tournage	huiles d'usinage à base minérale avec halogènes (ni émulsion ni solution)	huiles d'usinage à base minérale sans halogènes (ni émulsion ni solution)	émulsions et solutions d'usinage avec halogènes	émulsions et solutions d'usinage sans halogènes	huiles d'usinage de synthèse	déchets de cires et graisses	déchets de soudure	boues d'usinage avec subst. dangereuses	boues d'usinage autres que 12 01 14	déchets de grenailage avec subst. dangereuses	déchets de grenailage autres que 12 01 16	boues métalliques (du meulage et de l'affûtage) avec hydrocarbures	huiles d'usinage facilement biodégradables	déchets de meulage et matériaux de meulage avec subst. dangereuses	
métaux et composés	arsenic & composés			▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲	
	cadmium & composés	▲	▲	▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲	
	chrome & composés	▲	▲	▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲	
	cuivre & composés			▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲	
	mercure & composés			▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲	
	nickel & composés	▲	▲	▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲	
	plomb & composés			▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲	
zinc & composés			▲	▲								▲	▲	▲	▲		▲		▲		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																				
	dichlorométhane																				
	chloroforme																				
	tétrachloroéthylène																				
	tétrachlorure de carbone																				
trichloroéthylène																					
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																				
	pentachlorophénol																				
HAP	HAP																				
pesticides azotés	atrazine																				
	irgarol																				
	bifénox																				
	acfonifen																				
	quinoxifène																				
	terbutryne																				
	zeta cyperméthrine																				
	diuron																				
	isoproturon																				
simazine																					
pesticides chlorés	dicofol																				
	heptachlore																				
	hexachlorocyclohexane αβγ																				
pesticides phosphorés	dichlorvos																				
BTEX	benzène						▲	▲	▲	▲	▲			▲							
	toluène						▲	▲	▲	▲	▲			▲							
	éthylbenzène						▲	▲	▲	▲	▲			▲							
	o,m,p,-xylènes						▲	▲	▲	▲	▲			▲							
	isopropylbenzène						▲	▲	▲	▲	▲			▲							
chlorobenzènes	chlorobenzène						▲		▲					▲							
	pentachlorobenzène						▲		▲					▲							
	hexachlorobenzène						▲		▲					▲							
divers	biphényle																				
	cyanures																				
nonyl- & octylphénols	nonylphénols																				
	octylphénols																				
PCB & dioxines	PCB						▲		▲					▲							
	dioxines																				
butylphosphate	tributylphosphate																				
butylétain cations	monobutylétain cation																				
	dibutylétain cation																				
	tributylétain cation																				
médicaments	dichlofénac																				
	ibuprofène																				
hormones	17 β estradiol																				
	17 α ethinylestradiol																				
ignifuges bromés	HBCDD																				
	diphényléthers polybromés																				
tensioactifs	PFOS & sels																				

présence certaine de la substance	✘	12 Déchets provenant de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques.	
présence possible de la substance	⚠	12 03 Déchets provenant du dégraissage à l'eau et à la vapeur (sauf chapitre 11)	
		12 03 01*	12 03 02*
		liquides aqueux de nettoyage	déchets du dégraissage à la vapeur
métaux et composés	arsenic & composés cadmium & composés chrome & composés cuivre & composés mercure & composés nickel & composés plomb & composés zinc & composés		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane dichlorométhane chloroforme tétrachloroéthylène tétrachlorure de carbone trichloroéthylène		
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol		
HAP	HAP		
pesticides azotés	atrazine Irgarol bifénox acélonifen quinoxylène terbutryne zeta cyperméthrine diuron isoproturon simazine		
pesticides chlorés	dicofol heptachlore hexachlorocyclohexane αβγ		
pesticides phosphorés	dichlorvos		
BTEX	benzène toluène éthylbenzène o,m,p.-xylènes isopropylbenzène		
chlorobenzènes	chlorobenzène pentachlorobenzène hexachlorobenzène		
divers	biphényle cyanures		
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols		
PCB & dioxines	PCB dioxines		
butylphosphate	tributylphosphate		
butylétain cations	monobutylétain cation dibutylétain cation tributylétain cation		
médicaments	dichlofénac ibuprofène		
hormones	17 β estradiol 17 α ethinyloestradiol		
ignifuges bromés	HBCDD diphényléthers polybromés		
tensioactifs	PFOS & sels		

présence certaine de la substance		13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chapitres 05, 12 et 19).												
présence possible de la substance		13 01 Huiles hydrauliques usagées								13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées				
		13 01 01*	13 01 04*	13 01 05*	13 01 09*	13 01 10*	13 01 11*	13 01 12*	13 01 13*	13 02 04*	13 02 05*	13 02 06*	13 02 07*	13 02 08*
		huiles hydrauliques contenant des PCB	autres huiles hydrauliques chlorées (émulsions)	huiles hydrauliques non chlorées (émulsions)	huiles hydrauliques chlorées à base minérale	huiles hydrauliques non chlorées à base minérale	huiles hydrauliques synthétiques	huiles hydrauliques facilement biodégradables	autres huiles hydrauliques	huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale	huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale	huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques	huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables	autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification
métaux et composés	arsenic & composés													
	cadmium & composés									▲	▲	▲	▲	▲
	chrome & composés									▲	▲	▲	▲	▲
	cuivre & composés									▲	▲	▲	▲	▲
	mercure & composés									▲	▲	▲	▲	▲
	nickel & composés									▲	▲	▲	▲	▲
	plomb & composés									▲	▲	▲	▲	▲
zinc & composés									▲	▲	▲	▲	▲	
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane													
	dichlorométhane													
	chloroforme													
	tétrachloroéthylène													
	tétrachlorure de carbone													
trichloroéthylène														
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol													
	pentachlorophénol													
HAP	HAP									▲	▲	▲	▲	▲
pesticides azotés	atrazine													
	irgarol													
	bifénox													
	acétonifène													
	quinoxifène													
	terbutryne													
	zeta cyperméthrine													
	diuron													
	isoproturon													
	simazine													
pesticides chlorés	dicofol													
	heptachlore													
	hexachlorocyclohexane αβγ													
pesticides phosphorés	dichlorvos													
BTEX	benzène													
	toluène													
	éthylbenzène													
	o,m,p,-xylènes													
	isopropylbenzène													
chlorobenzènes	chlorobenzène													
	pentachlorobenzène													
	hexachlorobenzène													
divers	biphényle													
	cyanures													
nonyl- & octylphénols	nonylphénols													
	octylphénols													
PCB & dioxines	PCB	✘	▲							▲				
	dioxines													
butylphosphate	tributylphosphate													
butylétain cations	monobutylétain cation													
	dibutylétain cation													
	tributylétain cation													
médicaments	dichlofénac													
	ibuprofène													
hormones	17 β estradiol													
	17 α ethinylestradiol													
ignifuges bromés	HBCDD													
	diphényléthers polybromés													
tensioactifs	PFOS & sels													

présence certaine de la substance		13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chapitres 05, 12 et 19).																
présence possible de la substance		13 03 Huiles isolantes et fluides caloporteurs usagés					13 04 Hydrocarbures de fond de cale			13 05 Contenu de séparateurs eau/hydrocarbures					13 08 Huiles usagées non spécifiées ailleurs			
		13 03 01*	13 03 06*	13 03 07*	13 03 08*	13 03 10*	13 04 01*	13 04 02*	13 04 03*	13 05 01*	13 05 02*	13 05 03*	13 05 06*	13 05 07*	13 05 08*	13 08 01*	13 08 02*	13 08 99*
		huiles isolantes et fluides caloporteurs contenant des PCB	huiles isolantes et fluides caloporteurs chlorés à base minérale autres que 13 03 01	huiles isolantes et fluides caloporteurs non chlorés à base minérale	huiles isolantes et fluides caloporteurs synthétiques	autres huiles isolantes et fluides caloporteurs	hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale	hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de mûles	hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation	déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau-hydrocarbures	boues provenant de séparateurs eau/hydrocarbures	boues provenant de déshuileurs	hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures	eau mélangée à des hydrocarbures provenant de séparateurs eau-hydrocarbures	mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau-hydrocarbures	boues ou émulsions de dessatage	autres émulsions	déchets non spécifiés ailleurs
métaux et composés	arsenic & composés																	
	cadmium & composés																	
	chrome & composés																	
	cuivre & composés																	
	mercure & composés																	
	nickel & composés																	
	plomb & composés																	
solvants chlorés	zinc & composés																	
	1,2-dichloroéthane dichlorométhane chloroforme tétrachloroéthylène tétrachlorure de carbone trichloroéthylène																	
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol																	
HAP	HAP						▲	▲	▲									
pesticides azotés	atrazine																	
	irgarol																	
	bifénox																	
	aclofen																	
	quinoxifène																	
	terbutryne																	
	zeta cyperméthrine																	
pesticides chlorés	diuron																	
	isoproturon																	
	simazine																	
pesticides chlorés	dicofol																	
	heptachlore hexachlorocyclohexane αβγ																	
pesticides phosphorés	dichlorvos																	
BTEX	benzène						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	toluène						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	éthylbenzène						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	o,m,p,-xylènes						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲			
	isopropylbenzène						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲			
chlorobenzènes	chlorobenzène																	
	pentachlorobenzène hexachlorobenzène																	
divers	biphényle																	
	cyanures																	
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols																	
PCB & dioxines	PCB	✘																
	dioxines																	
butylphosphate	tributylphosphate																	
butylétain cations	monobutylétain cation																	
	dibutylétain cation																	
	tributylétain cation																	
médicaments	dichlofénac																	
	ibuprofène																	
hormones	17 β estradiol																	
	17 α éthinyloestradiol																	
ignifuges bromés	HBCDD																	
	diphényléthers polybromés																	
tensioactifs	PFOS & sels																	

présence certaine de la substance	✗	14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chapitres 07 et 08).				
présence possible de la substance	⚠	14 06 déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques				
		14 06 01*	14 06 02*	14 06 03*	14 06 04*	14 06 05*
		chlorofluorocarbones, HCFC, HFC	autres solvants et mélanges de solvants halogénés	autres solvants et mélanges de solvants	boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés	boues ou déchets solides contenant d'autres solvants
métaux et composés	arsenic & composés					
	cadmium & composés					
	chrome & composés					
	cuivre & composés					
	mercure & composés					
	nickel & composés					
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane	⚠	⚠		⚠	
	dichlorométhane	⚠	⚠		⚠	
	chloroforme	⚠	⚠		⚠	
	tétrachloroéthylène	⚠	⚠		⚠	
	tétrachlorure de carbone	⚠	⚠		⚠	
	trichloroéthylène	⚠	⚠		⚠	
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol					
	pentachlorophénol					
HAP	HAP					
pesticides azotés	atrazine					
	irgarol					
	bifénox					
	acifluorfen					
	quinoxifène					
	terbutryne					
	zeta cyperméthrine					
	diuron					
	isoproturon					
	simazine					
pesticides chlorés	dicofol					
	heptachlore					
	hexachlorocyclohexane αβγ					
pesticides phosphorés	dichlorvos					
BTEX	benzène					
	toluène					
	éthylbenzène					
	o,m,p,-xylènes					
	isopropylbenzène					
chlorobenzènes	chlorobenzène	⚠	⚠		⚠	
	pentachlorobenzène	⚠	⚠		⚠	
	hexachlorobenzène	⚠	⚠		⚠	
divers	biphényle					
	cyanures					
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols					
PCB & dioxines	PCB					
	dioxines					
butylphosphate	tributylphosphate					
butylétain cations	monobutylétain cation					
	dibutylétain cation					
	tributylétain cation					
médicaments	dichlofénac					
	ibuprofène					
hormones	17 β estradiol					
	17 α éthynylestradiol					
ignifuges bromés	HBCDD					
	diphényléthers polybromés					
tensioactifs	PFOS & sels					

présence certaine de la substance	✘	15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs.										
présence possible de la substance	⚠	15 01 Emballages et déchets d'emballages (y compris les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)										15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
		15 01 01	15 01 02	15 01 03	15 01 04	15 01 05	15 01 06	15 01 07	15 01 09	15 01 10*	15 01 11*	15 02 02*
		emballages en papier/carton	emballages en matières plastiques	emballages en bois	emballages métalliques	emballages composites	emballages en mélange	emballages en verre	emballages textiles	emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus	emballages métalliques contenant une matrice poreuse solide dangereuse (ex. amiante), dont conteneurs à pression vides	absorbants, matériaux filtrants (dont filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés									⚠		
	cadmium & composés									⚠		
	chrome & composés									⚠		
	cuivre & composés									⚠		
	mercure & composés									⚠		
	nickel & composés									⚠		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane									⚠		⚠
	dichlorométhane									⚠		⚠
	chloroforme									⚠		⚠
	tétrachloroéthylène									⚠		⚠
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol									⚠		⚠
	pentachlorophénol									⚠		
HAP	HAP								⚠			
pesticides azotés	atrazine									⚠		
	irgarol									⚠		
	bifénox									⚠		
	acétonifén									⚠		
	quinoxalène									⚠		
	terbutryne									⚠		
	zeta cyperméthrine									⚠		
	diuron									⚠		
	isoproturon									⚠		
pesticides chlorés	dicofol									⚠		
	heptachlore									⚠		
	hexachlorocyclohexane αβγ									⚠		
pesticides phosphorés	dichlorvos								⚠			
BTEX	benzène									⚠		⚠
	toluène									⚠		⚠
	éthylbenzène									⚠		⚠
	o,m,p,-xylènes									⚠		⚠
chlorobenzènes	isopropylbenzène									⚠		⚠
	chlorobenzène									⚠		
	pentachlorobenzène									⚠		
divers	hexachlorobenzène									⚠		
	biphényle									⚠		
nonyl- & octylphénols	cyanures									⚠		
	nonylphénols									⚠		
PCB & dioxines	octylphénols									⚠		
	PCB									⚠		⚠
butylphosphate	dioxines									⚠		
	tributylphosphate									⚠		
	monobutylétain cation									⚠		
butylétain cations	dibutylétain cation									⚠		
	tributylétain cation									⚠		
										⚠		
médicaments	dichlofénac									⚠		
	ibuprofène									⚠		
hormones	17 β estradiol									⚠		
	17 α ethinylestradiol									⚠		
ignifuges bromés	HBCDD									⚠		
	diphényléthers polybromés									⚠		
tensioactifs	PFOS & sels									⚠		

présence certaine de la substance		16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste.																		
présence possible de la substance		16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (y compris machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chapitres 13, 14, et section 16 06 et 16 08)																		
		16 01 03	16 01 04*	16 01 06	16 01 07*	16 01 08*	16 01 09*	16 01 10*	16 01 11*	16 01 12	16 01 13*	16 01 14*	16 01 15	16 01 16	16 01 17	16 01 18	16 01 19	16 01 20	16 01 21*	16 01 22
		pneus hors d'usage	véhicules hors d'usage	véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux	filtres à huile	composants contenant du mercure	composants contenant des PCB	composants explosifs (par exemple, coussins gonflables de sécurité)	patins de freins contenant de l'amiante	patins de freins autres que ceux visés à la rubrique 16 01 11	liquides de frein	antigels contenant des subst. dangereuses	antigels autres que 16 01 14	réservoirs de gaz liquéfié	métaux ferreux	métaux non ferreux	matières plastiques	verre	composants dangereux autres que rubriques 16 01 07 à 16 01 11, 16 01 13 et 16 01 14	composants non spécifiés ailleurs
métaux et composés	arsenic & composés		▲	▲	▲															
	cadmium & composés		▲	▲	▲															
	chrome & composés		▲	▲	▲															
	cuivre & composés		▲	▲	▲															
	mercure & composés		▲	▲	▲	☒														
	nickel & composés		▲	▲	▲															
	plomb & composés		▲	▲	▲															
zinc & composés	☒		▲	▲	▲															
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane																			
	dichlorométhane																			
	chloroforme																			
	tétrachloroéthylène																			
	tétrachlorure de carbone																			
trichloroéthylène																				
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol																			
	pentachlorophénol																			
HAP	HAP																			
pesticides azotés	atrazine																			
	Irgarol																			
	bifénox																			
	acéonifén																			
	quinoxifène																			
	terbutryne																			
	zeta cyperméthrine																			
	diuron																			
	isoproturon																			
simazine																				
pesticides chlorés	dicofol																			
	heptachlore																			
	hexachlorocyclohexane αβγ																			
pesticides phosphorés	dichlorvos																			
BTEX	benzène	▲	▲	▲	▲															
	toluène	▲	▲	▲	▲															
	éthylbenzène	▲	▲	▲	▲															
	o,m,p,-xylènes	▲	▲	▲	▲															
	isopropylbenzène	▲	▲	▲	▲															
chlorobenzènes	chlorobenzène																			
	pentachlorobenzène																			
	hexachlorobenzène																			
divers	biphényle																			
	cyanures																			
nonyl- & octylphénols	nonylphénols																			
	octylphénols																			
PCB & dioxines	PCB						☒													
	dioxines																			
butylphosphate	tributylphosphate																			
butylétain cations	monobutylétain cation																			
	dibutylétain cation																			
	tributylétain cation																			
médicaments	dichlofénac																			
	ibuprofène																			
hormones	17 β estradiol																			
	17 α ethinylestradiol																			
ignifuges bromés	HBCCDD																			
	diphényléthers polybromés		▲																	
tensioactifs	PFOS & sels																			

présence certaine de la substance		16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste.												
présence possible de la substance		16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques						16 03 Loupes de fabrication et produits non utilisés			16 04 Déchets d'explosifs			
		16 02 09*	16 02 10*	16 02 11*	16 02 12*	16 02 13*	16 02 14	16 02 15*	16 03 03*	16 03 04	16 03 05*	16 04 01*	16 04 02*	16 04 03*
		transformateurs et accumulateurs contenant des PCB	équipements mis au rebut contenant des PCB ou contaminés par de telles subst. autres que 16 02 09	équipements mis au rebut contenant des chlorofluorocarbones, des HCFC ou des HFC	équipements mis au rebut contenant de l'amiante libre	équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que rubriques 16 02 09 à 16 02 12 (bâles et accumulateurs de la section 16 06 et considérés dangereux, commutateurs au mercure, verre de tubes cathodiques et autres verres activés, etc.)	équipements mis au rebut autres que rubriques 16 02 09 à 16 02 13	composants dangereux retirés des équipements mis au rebut	déchets d'origine minérale contenant des subst. dangereuses	déchets d'origine minérale autres que rubrique 16 03 03	déchets d'origine organique contenant des subst. dangereuses	déchets de munitions	déchets de feux d'artifice	autres déchets d'explosifs
métaux et composés	arsenic & composés					▲		▲						
	cadmium & composés					▲		▲						
	chrome & composés					▲		▲						
	cuivre & composés	×	×			▲		▲						
	mercure & composés					▲		▲						
	nickel & composés					▲		▲						
	plomb & composés					▲		▲						
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane													
	dichlorométhane													
	chloroforme													
	tétrachloroéthylène													
	tétrachlorure de carbone													
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol													
	pentachlorophénol													
HAP	HAP													
pesticides azotés	atrazine													
	irgarol													
	bifénox													
	acétonifén													
	quinoxifène													
	terbutryne													
	zeta cyperméthrine													
	diuron													
	isoproturon													
	simazine													
pesticides chlorés	dicofof													
	heptachlore													
	hexachlorocyclohexane αβγ													
pesticides phosphorés	dichlorvos													
BTEX	benzène													
	toluène													
	éthylbenzène													
	o,m,p,-xylènes													
chlorobenzènes	isopropylbenzène													
	chlorobenzène													
	pentachlorobenzène	▲	▲											
divers	hexachlorobenzène													
	biphényle													
nonyl- & octylphénols	cyanures													
	nonylphénols													
PCB & dioxines	octylphénols													
	PCB	×	×											
butylphosphate	dioxines													
	tributylphosphate													
	monobutylétain cation													
butylétain cations	dibutylétain cation													
	tributylétain cation													
	dichlofénac													
médicaments	ibuprofène													
	17 β estradiol													
hormones	17 α ethinylestradiol													
	17 α ethinylestradiol													
ignifuges bromés	HBCDD													
	diphényléthers polybromés													
tensioactifs	PFOS & sels													

présence certaine de la substance		16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste.														
présence possible de la substance		16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut						16 06 Piles et accumulateurs						16 07 Déchets provenant du nettoyage de cuves et fûts de stockage et de transport (sauf chapitres 05 et 13)		
		16 05 04* gaz en récipients à pression (dont les halons) contenant des subst. dangereuses	16 05 05 gaz en récipients à pression autres que rubrique 16 05 04	16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, y compris les mélanges de produits chimiques	16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des subst. dangereuses mises au rebut	16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses mises au rebut	16 05 09 produits chimiques mis au rebut autres que rubriques 16 05 06, 16 05 07 ou 16 05 08	16 06 01* accumulateurs au plomb	16 06 02* accumulateurs Ni-Cd	16 06 03* piles contenant du mercure	16 06 04 piles alcalines sauf 16 06 03	16 06 05 autres piles et accumulateurs	16 06 06* électrolyte de piles et accumulateurs collectée séparément	16 07 08* déchets contenant des hydrocarbures	16 07 09* déchets contenant d'autres substances dangereuses	16 07 99 déchets non spécifiés ailleurs
métaux et composés	arsenic & composés			▲	▲											
	cadmium & composés			▲	▲											
	chrome & composés			▲	▲											
	cuivre & composés			▲	▲											
	mercure & composés			▲	▲											
	nickel & composés			▲	▲											
	plomb & composés			▲	▲			×								
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane			▲	▲											
	dichlorométhane			▲	▲											
	chloroforme			▲	▲											
	tétrachloroéthylène			▲	▲											
	tétrachlorure de carbone			▲	▲											
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol			▲	▲											
	pentachlorophénol			▲	▲											
HAP	HAP			▲	▲											
pesticides azotés	atrazine			▲	▲											
	irgarol			▲	▲											
	bifénox			▲	▲											
	acilonifén			▲	▲											
	quinoxifène			▲	▲											
	terbutryne			▲	▲											
	zeta cyperméthrine			▲	▲											
	diuron			▲	▲											
	isoproturon			▲	▲											
	simazine			▲	▲											
pesticides chlorés	dicofof			▲	▲											
	heptachlore			▲	▲											
	hexachlorocyclohexane αβγ			▲	▲											
pesticides phosphorés	dichlorvos			▲	▲											
BTEX	benzène			▲	▲									▲		
	toluène			▲	▲									▲		
	éthylbenzène			▲	▲									▲		
	o,m,p.-xylènes			▲	▲									▲		
	isopropylbenzène			▲	▲									▲		
chlorobenzènes	chlorobenzène			▲	▲									▲		
	pentachlorobenzène			▲	▲									▲		
	hexachlorobenzène			▲	▲									▲		
divers	biphényle			▲	▲											
	cyanures			▲	▲											
nonyl- & octylphénols	nonylphénols			▲	▲											
	octylphénols			▲	▲											
PCB & dioxines	PCB			▲	▲											
	dioxines			▲	▲											
butylphosphate	tributylphosphate			▲	▲											
butylétain cations	monobutylétain cation			▲	▲											
	dibutylétain cation			▲	▲											
	tributylétain cation			▲	▲											
médicaments	dichlofénac			▲	▲											
	ibuprofène			▲	▲											
hormones	17 β estradiol			▲	▲											
	17 α ethinylestradiol			▲	▲											
ignifuges bromés	HBCDD			▲	▲											
	diphényléthers polybromés			▲	▲											
tensioactifs	PFOS & sels			▲	▲											

présence certaine de la substance	16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste.												
présence possible de la substance	16 08 Catalyseurs usés								16 09 Substances oxydantes				
	16 08 01 catalyseurs usés contenant or, argent, rhénium, rhodium, palladium, iridium ou platine (sauf 16 08 07)	16 08 02* catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition dangereux	16 08 03 catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition non spécifiés ailleurs	16 08 04 catalyseurs usés de craquage catalytique sur lit fluide sauf 16 08 07	16 08 05* catalyseurs usés contenant de l'acide phosphorique	16 08 06* liquides usés employés comme catalyseurs	16 08 07* catalyseurs usés contaminés par des subst. dangereuses	16 09 01* permanganates, par exemple, permanganate de potassium	16 09 02* chromates, par exemple, chromate de potassium, dichromate de sodium ou de potassium	16 09 03* peroxydes, par exemple, peroxyde d'hydrogène	16 09 04* substances oxydantes non spécifiées ailleurs		
métaux et composés	arsenic & composés												
	cadmium & composés												
	chrome & composés												
	cuivre & composés												
	mercure & composés												
	nickel & composés												
	plomb & composés												
	zinc & composés												
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane												
	dichlorométhane												
	chloroforme												
	tétrachloroéthylène												
	tétrachlorure de carbone												
	trichloroéthylène												
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol												
	pentachlorophénol												
HAP	HAP												
pesticides azotés	atrazine												
	irgarol												
	bifénox												
	acfonifen												
	quinoxifène												
	terbutryne												
	zeta cyperméthrine												
	diuron												
	isoproturon												
	simazine												
pesticides chlorés	dicofol												
	heptachlore												
	hexachlorocyclohexane αβγ												
pesticides phosphorés	dichlorvos												
BTEX	benzène												
	toluène												
	éthylbenzène												
	o,m,p.-xylènes												
	isopropylbenzène												
chlorobenzènes	chlorobenzène												
	pentachlorobenzène												
	hexachlorobenzène												
divers	biphényle												
	cyanures												
nonyl- & octylphénols	nonylphénols												
	octylphénols												
PCB & dioxines	PCB												
	dioxines												
butylphosphate	tributylphosphate												
butylétain cations	monobutylétain cation												
	dibutylétain cation												
	tributylétain cation												
médicaments	dichlofénac												
	ibuprofène												
hormones	17 β estradiol												
	17 α ethinylestradiol												
ignifuges bromés	HBCDD												
	diphényléthers polybromés												
tensioactifs	PFOS & sels												

présence certaine de la substance		16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste.									
présence possible de la substance		16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site				16 11 Déchets de revêtements de fours et réfractaires					
		16 10 01*	16 10 02	16 10 03*	16 10 04	16 11 01*	16 11 02	16 11 03*	16 11 04	16 11 05*	16 11 06
		déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses	déchets liquides aqueux autres que rubrique 16 10 01	concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses	concentrés aqueux autres que rubrique 16 10 03	revêtements de fours et réfractaires à base de carbone provenant de procédés métallurgiques contenant des subst. dangereuses	revêtements de fours et réfractaires à base de carbone provenant de procédés métallurgiques autres que rubrique 16 11 01	autres revêtements de fours et réfractaires provenant de procédés métallurgiques contenant des subst. dangereuses	autres revêtements de fours et réfractaires provenant de procédés métallurgiques hors rubrique 16 11 03	revêtements de fours et réfractaires provenant de procédés non métallurgiques contenant des subst. dangereuses	revêtements de fours et réfractaires provenant de procédés non métallurgiques autres que rubrique 16 11 05
métaux et composés	arsenic & composés	▲		▲							
	cadmium & composés	▲		▲							
	chrome & composés	▲		▲							
	cuivre & composés	▲		▲							
	mercure & composés	▲		▲							
	nickel & composés	▲		▲							
	plomb & composés	▲		▲							
solvants chlorés	zinc & composés	▲		▲							
	1,2-dichloroéthane	▲		▲							
	dichlorométhane	▲		▲							
	chloroforme	▲		▲							
	tétrachloroéthylène	▲		▲							
chlorophénols	tétrachlorure de carbone	▲		▲							
	trichloroéthylène	▲		▲							
HAP	2,4,6-trichlorophénol	▲		▲							
	pentachlorophénol	▲		▲							
pesticides azotés	HAP	▲		▲							
	atrazine	▲		▲							
	irgarol	▲		▲							
	bifénox	▲		▲							
	acfonifen	▲		▲							
	quinoxyfène	▲		▲							
	terbutryne	▲		▲							
	zeta cyperméthrine	▲		▲							
	diuron	▲		▲							
	isoproturon	▲		▲							
pesticides chlorés	simazine	▲		▲							
	dicofol	▲		▲							
pesticides phosphorés	heptachlore	▲		▲							
	hexachlorocyclohexane αβγ	▲		▲							
BTEX	dichlorvos	▲		▲							
	benzène	▲		▲							
	toluène	▲		▲							
	éthylbenzène	▲		▲							
	o,m,p.-xylènes	▲		▲							
chlorobenzènes	isopropylbenzène	▲		▲							
	chlorobenzène	▲		▲							
	pentachlorobenzène	▲		▲							
divers	hexachlorobenzène	▲		▲							
	biphényle	▲		▲							
nonyl- & octylphénols	cyanures	▲		▲							
	nonylphénols	▲		▲							
PCB & dioxines	octylphénols	▲		▲							
	PCB	▲		▲							
butylphosphate	dioxines	▲		▲							
	tributylphosphate	▲		▲							
butylétain cations	monobutylétain cation	▲		▲							
	dibutylétain cation	▲		▲							
	tributylétain cation	▲		▲							
médicaments	dichlorofénac	▲		▲							
	ibuprofène	▲		▲							
hormones	17 β estradiol	▲		▲							
	17 α ethinylestradiol	▲		▲							
ignifuges bromés	HBCDD	▲		▲							
	diphényléthers polybromés	▲		▲							
tensioactifs	PFOS & sels	▲		▲							

présence certaine de la substance	✗	17 Déchets de construction et de démolition (y compris déblais provenant de sites contaminés).											
présence possible de la substance	⚠	17 01 Béton, briques, tuiles et céramiques					17 02 Bois, verre et matières plastiques				17 03 Mélanges bitumineux, goudron et produits goudronnés		
		17 01 01	17 01 02	17 01 03	17 01 06*	17 01 07	17 02 01	17 02 02	17 02 03	17 02 04*	17 03 01*	17 03 02	17 03 03*
		béton	briques	tuiles et céramiques	mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles et céramiques contenant des subst. dangereuses	mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que rubrique 17 01 06	bois	verre	matières plastiques	bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.	mélanges bitumineux contenant du goudron	mélanges bitumineux autres que rubrique 17 03 01	goudron et produits goudronnés
métaux et composés	arsenic & composés									⚠			
	cadmium & composés									⚠			
	chrome & composés									⚠			
	cuivre & composés									⚠			
	mercure & composés												
	nickel & composés				⚠								
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane												
	dichlorométhane												
	chloroforme												
	tétrachloroéthylène												
	tétrachlorure de carbone												
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol									⚠			
	pentachlorophénol									⚠			
HAP	HAP				⚠				⚠	✗		✗	
pesticides azotés	atrazine												
	irgarol												
	bifénox												
	acétonifène												
	quinoxifène												
	terbutryne												
	zeta cyperméthrine												
	diuron												
	isoproturon												
	simazine												
pesticides chlorés	dicofol												
	heptachlore												
	hexachlorocyclohexane αβγ									⚠			
pesticides phosphorés	dichlorvos												
BTEX	benzène												
	toluène												
	éthylbenzène												
	o,m,p,-xylènes												
	isopropylbenzène												
chlorobenzènes	chlorobenzène												
	pentachlorobenzène												
	hexachlorobenzène												
divers	biphényle												
	cyanures												
nonyl- & octylphénols	nonylphénols												
	octylphénols												
PCB & dioxines	PCB												
	dioxines												
butylphosphate	tributylphosphate												
butylétain cations	monobutylétain cation												
	dibutylétain cation												
	tributylétain cation												
médicaments	dichlofénaç												
	ibuprofène												
hormones	17 β estradiol												
	17 α ethinylestradiol												
ignifuges bromés	HBCDD												
	diphényléthers polybromés												
tensioactifs	PFOS & sels												

présence certaine de la substance		17 Déchets de construction et de démolition (y compris déblais provenant de sites contaminés).																		
présence possible de la substance		17 04 Métaux - y compris leurs alliages									17 05 Terres (y compris déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage					17 06 Matériaux d'isolation et matériaux de construction contenant de l'amiante				
		17 04 01	17 04 02	17 04 03	17 04 04	17 04 06	17 04 07	17 04 09*	17 04 10*	17 04 11	17 05 03*	17 05 04	17 05 05*	17 05 06	17 05 07*	17 05 08	17 06 01*	17 06 03*	17 06 04	17 06 05*
		cuivre, bronze, laiton	aluminium	plomb	zinc	étain	métaux en mélange	déchets métalliques contaminés par des subst. dangereuses	câbles contenant des hydrocarbures, du goudron ou autres subst. dangereuses	câbles autres que rubrique 17 04 10	17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses	terres et cailloux autres que rubrique 17 05 03	boues de dragage contenant des subst. dangereuses	boues de dragage autres que rubrique 17 05 05	ballast de voie contenant des subst. dangereuses	ballast de voie autre que rubrique 17 05 07	matériaux d'isolation contenant de l'amiante	autres matériaux d'isolation à base de ou contenant des subst. dangereuses	matériaux d'isolation autres que rubriques 17 06 01 et 17 06 03	matériaux de construction contenant de l'amiante
métaux et composés	arsenic & composés																			
	cadmium & composés																			
	chrome & composés																			
	cuivre & composés																			
	mercure & composés																			
	nickel & composés																			
solvants chlorés	plomb & composés																			
	zinc & composés																			
	1,2-dichloroéthane																			
	dichlorométhane																			
	chloroforme																			
chlorophénols	tétrachloroéthylène																			
	tétrachlorure de carbone																			
	trichloroéthylène																			
HAP	2,4,6-trichlorophénol																			
	pentachlorophénol																			
pesticides azotés	HAP																			
	atrazine																			
	irgarol																			
	bifénox																			
	acionifén																			
	quinoxifène																			
	terbutryne																			
	zeta cyperméthrine																			
	diuron																			
	isoproturon																			
pesticides chlorés	simazine																			
	dicofol																			
	heptachlore																			
pesticides phosphorés	hexachlorocyclohexane αβγ																			
	dichlorvos																			
BTEX	chlorobenzène																			
	toluène																			
	éthylbenzène																			
	o,m,p,-xylènes																			
	isopropylbenzène																			
divers	chlorobenzènes																			
	pentachlorobenzène																			
nonyl- & octylphénols	hexachlorobenzène																			
	biphényle																			
PCB & dioxines	cyanures																			
	nonylphénols																			
butylphosphate	octylphénols																			
	PCB																			
butylétain cations	dioxines																			
	tributylphosphate																			
	monobutylétain cation																			
médicaments	dibutylétain cation																			
	tributylétain cation																			
hormones	dichlorofénac																			
	ibuprofène																			
ignifuges bromés	17 β estradiol																			
	17 α ethinylestradiol																			
tensioactifs	HBCDD																			
	diphényléthers polybromés																			
	PFOS & sels																			

présence certaine de la substance		17 Déchets de construction et de démolition (y compris déblais provenant de sites contaminés).					
présence possible de la substance		17 08 Matériaux de construction à base de gypse		17 09 Autres déchets de construction et de démolition			
		17 08 01*	17 08 02	17 09 01*	17 09 02*	17 09 03*	17 09 04
		matériaux de construction à base de gypse contaminés par des subst. dangereuses	matériaux de construction à base de gypse autres que rubrique 17 08 01	déchets de construction et de démolition contenant du mercure	déchets de construction et de démolition contenant des PCB (ex: mastics, sols à base de résines, double vitrage, condensateurs contenant des PCB)	autres déchets de construction et de démolition (y compris en mélange) contenant des subst. dangereuses	déchets de construction et de démolition en mélange autres que rubriques 17 09 01, 17 09 02 et 17 09 03
métaux et composés	arsenic & composés					▲	
	cadmium & composés					▲	
	chrome & composés					▲	
	cuivre & composés					▲	
	mercure & composés			✘		▲	
	nickel & composés					▲	
	plomb & composés	▲				▲	
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane						
	dichlorométhane						
	chloroforme						
	tétrachloroéthylène						
	tétrachlorure de carbone						
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol					▲	
	pentachlorophénol					▲	
HAP	HAP					▲	
pesticides azotés	atrazine						
	irgarol						
	bifénox						
	acéonifén						
	quinoxifène						
	terbutryne						
	zeta cyperméthrine						
	diuron						
	isoproturon						
	simazine						
pesticides chlorés	dicofol						
	heptachlore					▲	
	hexachlorocyclohexane αβγ					▲	
pesticides phosphorés	dichlorvos						
BTEX	benzène						
	toluène						
	éthylbenzène						
	o,m,p,-xylènes						
	isopropylbenzène						
chlorobenzènes	chlorobenzène						
	pentachlorobenzène					▲	
	hexachlorobenzène					▲	
divers	biphényle						
	cyanures						
nonyl- & octylphénols	nonylphénols						
	octylphénols						
PCB & dioxines	PCB				✘	▲	
	dioxines						
butylphosphate	tributylphosphate						
butylétain cations	monobutylétain cation						
	di-butylétain cation						
	tributylétain cation						
médicaments	dichlofénac						
	ibuprofène						
hormones	17 β estradiol						
	17 α ethinylestradiol						
ignifuges bromés	HBCDD						
	diphényléthers polybromés						
tensioactifs	PFOS & sels						

présence certaine de la substance	✗	18 Déchets provenant des soins médicaux ou vétérinaires et/ou de la recherche associée (sauf déchets de cuisine et de restauration ne provenant pas directement des soins médicaux)															
présence possible de la substance	⚠	18 01 Déchets provenant des maternités, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies de l'homme										18 02 Déchets provenant de la recherche, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies des animaux					
		18 01 01	18 01 02	18 01 03*	18 01 04	18 01 06*	18 01 07	18 01 08*	18 01 09	18 01 10*	18 02 01	18 02 02*	18 02 03	18 02 05*	18 02 06	18 02 07*	18 02 08
		objets piquants et coupants (sauf rubrique 18 01 03)	déchets anatomiques et organes, y compris sacs de sang et réserves de sang (sauf rubrique 18 01 03)	déchets dont la collecte et l'élimination font l'objet de prescriptions particulières vis-à-vis des risques d'infection	déchets dont la collecte et l'élimination ne font pas l'objet de prescriptions particulières vis-à-vis des risques d'infection (ex: vêtements, plâtres, draps, vêtements jetables, langes)	produits chimiques à base de ou contenant des subst. dangereuses	produits chimiques autres que ceux visés à la rubrique 18 01 06	médicaments cytotoxiques et cytotatiques	médicaments autres que rubrique 18 01 08	déchets d'amalgame dentaire	objets piquants et coupants (sauf rubrique 18 02 02)	déchets dont la collecte et l'élimination font l'objet de prescriptions particulières vis-à-vis des risques d'infection	déchets dont la collecte et l'élimination ne font pas l'objet de prescriptions particulières vis-à-vis des risques d'infection	produits chimiques à base de ou contenant des subst. dangereuses	produits chimiques autres que rubrique 18 02 05	médicaments cytotoxiques et cytotatiques	médicaments autres que rubrique 18 02 07
métaux et composés	arsenic & composés cadmium & composés chrome & composés cuivre & composés mercure & composés nickel & composés plomb & composés zinc & composés																
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane dichlorométhane chloroforme tétrachloroéthylène tétrachlorure de carbone trichloroéthylène																
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol pentachlorophénol																
HAP	HAP																
pesticides azotés	atrazine irgarol bifénox aclonifen quinoxifène terbutryne zeta cyperméthrine diuron isoproturon simazine																
pesticides chlorés	dicofol heptachlore hexachlorocyclohexane αβγ																
pesticides phosphorés	dichlorvos																
BTEX	benzène toluène éthylbenzène o,m,p,-xylènes isopropylbenzène																
chlorobenzènes	chlorobenzène pentachlorobenzène hexachlorobenzène																
divers	biphényle cyanures																
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols																
PCB & dioxines	PCB dioxines																
butylphosphate	tributylphosphate																
butylétain cations	monobutylétain cation dibutylétain cation tributylétain cation																
médicaments	dichlorofénac ibuprofène		⚠									⚠					⚠
hormones	17 β estradiol 17 α ethinylestradiol		⚠									⚠					⚠
ignifuges bromés	HBCDD diphényléthers polybromés																
tensioactifs	PFOS & sels																

présence certaine de la substance		19 Déchets provenant des installations de gestion des déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel.										
présence possible de la substance		19 01 - déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets										
		19 01 05*	19 01 06*	19 01 07*	19 01 10*	19 01 11*	19 01 13*	19 01 15*	19 01 17*	19 01 18	19 01 19	
		gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées	déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées (et autres)	déchets secs de l'épuration des fumées	charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées	mâchefer contenant des substances dangereuses	cendres volantes contenant des substances dangereuses	cendres sous chaudière contenant des substances dangereuses	déchets de pyrolyse contenant des substances dangereuses	déchets de pyrolyse autres que ceux visés à la rubrique 19 01 17	sables provenant de lits fluidisés	
métaux et composés	arsenic & composés	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	cadmium & composés	×	▲	×	▲	×	×	×	▲	▲	▲	
	chrome & composés	×	▲	×	×	×	×	×	×	×	×	
	cuivre & composés	×	▲	×	▲	×	×	×	×	×	×	
	mercure & composés	×	▲	▲	×	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	nickel & composés	×	▲	×	×	×	×	×	×	×	×	
	plomb & composés	×	▲	×	▲	×	×	×	×	×	×	
zinc & composés	×	▲	×	▲	×	×	×	×	×	×		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane											
	dichlorométhane											
	chloroforme											
	tétrachloroéthylène											
	tétrachlorure de carbone											
chlorophénols	trichloroéthylène											
	2,4,6-trichlorophénol											
HAP	pentachlorophénol											
	HAP	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
pesticides azotés	atrazine											
	irgarol											
	biénox											
	acionifène											
	quinoxifène											
	terbutryne											
	zeta cypermétrine											
	diuron											
	isoproturon											
	simazine											
pesticides chlorés	dicofol											
	heptachlore											
	hexachlorocyclohexane αβγ											
pesticides phosphorés	dichlorvos											
BTEX	benzène											
	toluène											
	éthylbenzène											
	o,m,p.-xylènes											
chlorobenzènes	isopropylbenzène											
	chlorobenzène											
	pentachlorobenzène											
divers	hexachlorobenzène											
	biphényle											
nonyl- & octylphénols	cyanures											
	nonylphénols											
PCB & dioxines	octylphénols											
	PCB											
butylphosphate	dioxines	×		×	×	▲	×	▲	▲	▲		
	tributylphosphate											
butylétain cations	monobutylétain cation											
	dibutylétain cation											
	tributylétain cation											
médicaments	dichlorofénac											
	ibuprofène											
hormones	17 β estradiol											
	17 α ethinylestradiol											
ignifuges bromés	HBCDD											
	diphényléthers polybromés											
tensioactifs	PFOS & sels											

présence certaine de la substance	19 Déchets provenant des installations de gestion des déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel.	19 02 déchets provenant des traitements physico-chimiques des déchets (y compris décoloration, décyanuration, neutralisation)						19 03 déchets stabilisés/solidifiés	19 04 déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification	19 05 déchets de compostage	19 06 déchets provenant du traitement anaérobie des déchets	19 07 lixiviats de décharges
présence possible de la substance		19 02 04*	19 02 05*	19 02 07*	19 02 08*	19 02 09*	19 02 11*	19 03 04*	19 04 02*	19 04 03*	19 07 02*	
		déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux	boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des substances dangereuses	hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation	déchets combustibles liquides contenant des substances dangereuses	déchets combustibles solides contenant des substances dangereuses	autres déchets contenant des substances dangereuses	déchets catalogués comme dangereux, partiellement stabilisés	cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée	phase solide non vitrifiée	lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses	
métaux et composés	arsenic & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲	
	cadmium & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲	
	chrome & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲	
	cuivre & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲	
	mercure & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲	
	nickel & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲	
	plomb & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲	
zinc & composés	▲	▲					▲	▲	▲	▲		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane										▲	
	dichlorométhane										▲	
	chloroforme										▲	
	tétrachloroéthylène										▲	
	tétrachlorure de carbone										▲	
trichloroéthylène										▲		
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol			▲	▲	▲					▲	
	pentachlorophénol			▲	▲	▲					▲	
HAP	HAP			▲	▲	▲					▲	
											▲	
pesticides azotés	atrazine										▲	
	irgarol										▲	
	biénox										▲	
	acionifén										▲	
	quinoxifène										▲	
	terbutryne										▲	
	zeta cypermétrine										▲	
	diuron										▲	
	isoproturon										▲	
	simazine										▲	
pesticides chlorés	dicofol										▲	
	heptachlore										▲	
	hexachlorocyclohexane αβγ										▲	
pesticides phosphorés	dichlorvos										▲	
BTEX	benzène			▲	▲	▲					▲	
	toluène			▲	▲	▲					▲	
	éthylbenzène			▲	▲	▲					▲	
	o,m,p.-xylènes			▲	▲	▲					▲	
	isopropylbenzène			▲	▲	▲					▲	
chlorobenzènes	chlorobenzène			▲	▲	▲					▲	
	pentachlorobenzène			▲	▲	▲					▲	
	hexachlorobenzène			▲	▲	▲					▲	
divers	biphényle			▲	▲	▲					▲	
	cyanures										▲	
nonyl- & octylphénols	nonylphénols										▲	
	octylphénols										▲	
PCB & dioxines	PCB			▲	▲	▲					▲	
	dioxines			▲	▲	▲					▲	
butylphosphate	tributylphosphate										▲	
butylétain cations	monobutylétain cation										▲	
	dibutylétain cation										▲	
	tributylétain cation										▲	
médicaments	dichlofénac										▲	
	ibuprofène										▲	
hormones	17 β estradiol										▲	
	17 α ethinylestradiol										▲	
ignifuges bromés	HBCDD										▲	
	diphényléthers polybromés										▲	
tensioactifs	PFOS & sels										▲	

présence certaine de la substance	19 Déchets provenant des installations de gestion des déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel.												
présence possible de la substance	19 08 déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs										19 09 déchets provenant de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine ou d'eau à usage industriel	19 10 déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux	
	19 08 01	19 08 02	19 08 05	19 08 06*	19 08 07*	19 08 08*	19 08 10*	19 08 11*	19 08 13*	19 09	19 10 03*	19 10 05*	
	déchets de dégrillage	déchets de dessablage	boues provenant du traitement des eaux usées urbaines	résines échangeuses d'ions saturées ou usées	solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions	déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds	mélanges de graisse et d'huile provenant de la séparation huile/eaux usées autres que ceux visés à la rubrique 19 08 09	boues contenant des substances dangereuses provenant du traitement biologique des eaux usées industrielles	boues contenant des substances dangereuses provenant d'autres traitements des eaux usées industrielles	déchets provenant de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine ou d'eau à usage industriel	fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des substances dangereuses	autres fractions contenant des substances dangereuses	
métaux et composés	arsenic & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	cadmium & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	chrome & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	cuivre & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	mercure & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	nickel & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲	
	plomb & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲	
zinc & composés			▲	▲	▲	▲				▲	▲		
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane												
	dichlorométhane												
	chloroforme												
	tétrachloroéthylène												
	tétrachlorure de carbone												
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol			▲									
	pentachlorophénol			▲									
HAP	HAP			▲									
pesticides azotés	atrazine												
	irgarol												
	bifénox												
	acifénifène												
	quinoxifène												
	terbutryne												
	zeta cyperméthrine												
	diuron												
	isoproturon												
	simazine												
pesticides chlorés	dicofol												
	heptachlore												
	hexachlorocyclohexane αβγ												
pesticides phosphorés	dichlorvos												
BTEX	benzène			▲									
	toluène			▲									
	éthylbenzène			▲									
	o,m,p.-xylènes			▲									
	isopropylbenzène			▲									
chlorobenzènes	chlorobenzène			▲									
	pentachlorobenzène												
	hexachlorobenzène												
divers	biphényle												
	cyanures												
nonyl- & octylphénols	nonylphénols			▲									
	octylphénols			▲									
PCB & dioxines	PCB			▲							×	×	
	dioxines			▲									
butylphosphate	tributylphosphate												
butylétain cations	monobutylétain cation												
	dibutylétain cation												
	tributylétain cation												
médicaments	dichlofénac			▲									
	ibuprofène			▲									
	17 β estradiol			▲									
hormones	17 α ethinylestradiol			▲									
ignifuges bromés	HBCDD												
	diphényléthers polybromés			▲									
tensioactifs	PFOS & sels												

présence certaine de la substance	19 Déchets provenant des installations de gestion des déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel.											
présence possible de la substance	19 11 déchets provenant de la régénération de l'huile						19 12 déchets provenant du traitement mécanique des déchets (par exemple, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs		19 13 déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines			
	19 11 01*	19 11 02*	19 11 03*	19 11 04*	19 11 05*	19 11 07*	19 12 06*	19 12 11*	19 13 01*	19 13 03*	19 13 05*	19 13 07*
	argiles de filtration usées	goudrons acides	déchets liquides aqueux	déchets provenant du nettoyage d'hydrocarbures avec des bases	boues provenant du nettoyage en situ des effluents contenant des substances dangereuses	déchets provenant de l'épuration des gaz de combustion	bois contenant des substances dangereuses	autres déchets (y compris mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des substances dangereuses	déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses	boues provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses	boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses	déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
métaux et composés	arsenic & composés						▲	▲	▲	▲	▲	▲
	cadmium & composés							▲	▲	▲	▲	▲
	chrome & composés							▲	▲	▲	▲	▲
	cuiivre & composés							▲	▲	▲	▲	▲
	mercure & composés								▲	▲	▲	▲
	nickel & composés								▲	▲	▲	▲
	plomb & composés								▲	▲	▲	▲
zinc & composés								▲	▲	▲	▲	
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane								▲	▲	▲	▲
	dichlorométhane								▲	▲	▲	▲
	chloroforme								▲	▲	▲	▲
	tétrachloroéthylène								▲	▲	▲	▲
	tétrachlorure de carbone								▲	▲	▲	▲
	trichloroéthylène								▲	▲	▲	▲
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol						▲					
	pentachlorophénol											
HAP	HAP		✘			▲	▲	▲	▲	▲	▲	
pesticides azotés	atrazine											
	irgarol											
	bifénox											
	acifonifène											
	quinoxifène											
	terbutryne											
	zeta cyperméthrine											
	diuron											
	isoproturon											
	simazine											
pesticides chlorés	dicofol											
	heptachlore											
	hexachlorocyclohexane αβγ											
pesticides phosphorés	dichlorvos											
BTEX	benzène								▲	▲	▲	▲
	toluène								▲	▲	▲	▲
	éthylbenzène								▲	▲	▲	▲
	o,m,p-xylènes								▲	▲	▲	▲
	isopropylbenzène								▲	▲	▲	▲
chlorobenzènes	chlorobenzène											
	pentachlorobenzène											
	hexachlorobenzène											
divers	biphényle											
	cyanures											
nonyl- & octylphénols	nonylphénols octylphénols											
PCB & dioxines	PCB											
	dioxines					▲						
butylphosphate	tributylphosphate											
butylétain cations	monobutylétain cation											
	dibutylétain cation											
	tributylétain cation											
médicaments	dichlofénac											
	ibuprofène											
hormones	17 β estradiol											
	17 α ethinylestradiol											
ignifuges bromés	HBCDD											
	diphényléthers polybromés											
tensioactifs	PFOS & sels											

présence certaine de la substance	×	20 Déchets municipaux (déchets ménagers et déchets assimilés provenant des commerces, des industries et des administrations) y compris les fractions collectées séparément																	
présence possible de la substance	▲	20 01 fractions collectées séparément (sauf section 15 01)															20 03 Autres déchets municipaux		
		20 01 01	20 01 13*	20 01 14*	20 01 15*	20 01 17*	20 01 19*	20 01 21*	20 01 23*	20 01 26*	20 01 27*	20 01 29*	20 01 31*	20 01 33*	20 01 35*	20 01 36	20 01 37*	20 03 03	20 03 04
		Papier et carton	solvants	acides	déchets basiques	produits chimiques de la photographie	pesticides	tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure	équipements mis au rebut contenant des CFC	huiles et matières grasses autres que celles visées à la rubrique 20 01 25	peinture encres colles résines contenant des substances dangereuses	détergents contenant des substances dangereuses	médicaments cytotoxiques et cytostatiques	piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant ces piles	équipements électriques et électroniques contenant des composants dangereux autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21 et 20 01 23 et 20 01 35	équipements électriques et électroniques mis au rebut autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21, 20 01 23 et 20 01 35	bois contenant des substances dangereuses	déchets de nettoyage des rues	boues de fosses septiques
métaux et composés	arsenic & composés			▲													▲		
	cadmium & composés			▲				▲											▲
	chrome & composés			▲															
	cuivre & composés			▲															
	mercure & composés			▲				×											
	nickel & composés			▲															
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane		▲																
	dichlorométhane		▲																
	chloroforme		▲																
	tétrachloroéthylène		▲																
	tétrachlorure de carbone		▲																
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol		▲																
	pentachlorophénol		▲														▲		
HAP	HAP																▲		
pesticides azotés	atrazine						▲												
	irgarol						▲												
	bifénox						▲												
	acétonifén						▲												
	quinoxifène						▲												
	terbutryne						▲												
	zeta cyperméthrine						▲												
	diuron						▲												
	isoproturon						▲												
	símazine						▲												
pesticides chlorés	dicofof						▲												
	heptachlore						▲												
	hexachlorocyclohexane αβγ						▲										▲		
pesticides phosphorés	dichlorvos						▲												
BTEX	benzène		▲																▲
	toluène		▲																▲
	éthylbenzène		▲																▲
	o,m,p,-xylènes		▲																▲
	isopropylbenzène		▲																▲
chlorobenzènes	chlorobenzène																		
	pentachlorobenzène																		
	hexachlorobenzène																		
divers	biphényle																		
	cyanures																		
nonyl- & octylphénols	nonylphénols											▲							▲
	octylphénols											▲							▲
PCB & dioxines	PCB	▲																	
	dioxines									▲									
butylphosphate	tributylphosphate																		
butylétain cations	monobutylétain cation																		
	dibutylétain cation																		
	tributylétain cation																		
médicaments	dichlofénac																		▲
	ibuprofène																		▲
hormones	17 β estradiol																		▲
	17 α ethinylestradiol																		▲
ignifuges bromés	HBCDD																		
	diphényléthers polybromés																		
tensioactifs	PFOS & sels											▲							

Tome 2

Fiches et recommandations

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES SUBSTANCES DANGEREUSES DE L'ACTION

NATIONALE RSDE ASSOCIEES A L'ACTIVITE

"TRAITEMENT ET STOCKAGE DES DECHETS"

SOMMAIRE

Tome 2

Volet 1 - Fiches substances	5
Contenu d'une fiche substances	6
2,4,6-Trichlorophénol	12
Pentachlorophénol	27
Polychlorobiphényle	45
HAP - anthracène	66
HAP - fluoranthène	88
HAP - naphtalène	109
1,2-Dichloroéthane	130
Dichlorométhane	150
Chloroforme	171
Tétrachloroéthylène	194
Tétrachlorure de carbone	215
Trichloroéthylène	232
Biphényle	256
Tributylphosphate	265
Hexachlorocyclohexane (α β γ)	274
Atrazine	298
Diuron	314
Isoproturon	330
Simazine	344
Benzène	358
Toluène	380
Ethylbenzène	402

o-, m-, p- Xylènes	423
Cumène / Isopropylbenzène	444
Chlorobenzène	458
Pentachlorobenzène	475
Hexachlorobenzène	487
Nonylphénols et nonylphénols éthoxylates	508
Octylphénols	544
Butylétains cations	566
Diphénylether polybromé (47, 99, 100, 153, 154, 183, 209)	586
Liste de substances minérales :	
Arsenic et ses composés	598
Cadmium et ses composés	624
Chrome et ses composés	648
Cuivre et ses composés	680
Mercuré et ses composés	706
Nickel et ses composés	731
Plomb et ses composés	759
Zinc et ses composés	788
Liste complémentaire :	
Cyanures	816
Dioxines	829
Perfluorooctane (PFOS) et ses sels	840
Hexabromocyclododécane	854
Aclonifen	862
Bifénox	869
Cyperméthrine	876
Dichlorvos	885
Dicofol	896
Heptachlore	903
Irgarol	911
Quinoxifène	919
Terbutryne	926
Diclofenac	932
Ibuprofène	945
17 α éthinylestradiol	958
17 β œstradiol	975

Volet 2 - Fiches "réduction des émissions"	988
Fiche de synthèse "traitabilité"	989
Absorption	1004
Echangeurs d'ions	1023
Electrodialyse	1034
Evapoconcentration - évapocondensation	1040
Filtre à sable continu	1051
Lagunage	1059
Oxydation par voie humide	1066
Oxydation-réduction chimique	1072
Oxydation thermique - incinération	1078
Pervaporation	1085
Phytoremédiation	1091
Stripping	1102
Techniques membranaires	1110
Traitement à l'ozone	1127
Traitement biologique	1142
Traitements physico-chimiques - insolubilisation - précipitation	1164
Volet 3 - Recommandations concernant les prélèvements	1177
Recommandations générales sur les prélèvements	1179
Modalités de prélèvements par substances	1229

VOLET 1

FICHES SUBSTANCES

CONTENU D'UNE FICHE "SUBSTANCE"

Les fiches substances ont été construites sur la trame présentée ci-après.

La forme des fiches a été adaptée :

- ✓ aux fiches "métaux" et aux fiches "substances organiques"
- ✓ aux fiches regroupant des familles de substances

Chaque information est accompagnée de la référence bibliographique précise dans laquelle elle a été recueillie (article, document, thèse, site internet...). Ces références permettent de retrouver l'information.

Parfois, lorsque des informations différentes (complémentaires ou contradictoires) ont été rencontrées, elles ont toutes été conservées avec mention de leur source respective.

Les informations recueillies ne sont pas exhaustives – elles sont limitées aux sources consultées.

Certaines informations n'ont pas été trouvées sur les documents et les sites consultés, soient qu'un effort complémentaire soit nécessaire pour les obtenir, soit qu'elles n'existent pas.

DESCRIPTIF

Synonymes et dénominations commerciales¹:

-
-
-

Formule semi-développée :

N° CAS :

Formule développée

Formule
développée

Famille :

Familles chimiques
Familles de propriétés
Acronyme

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire :

Solubilité dans l'eau :

Pression de vapeur :

Point éclair :

Temps de ½ vie dans le sol :

Temps de ½ vie dans l'eau de surface :

Constante de Henry :

Log Kow :

Koc :

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

Identification des incompatibilités avec des matériaux, substances ou conditions, susceptibles de provoquer des réactions dangereuses.

Métabolites connus :

•

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA² : µg/L (Dir. 2008/105/CE)

NQE-CMA³ : µg/l (Dir. 2008/105/CE)

ou (le cas échéant) **NQEp** : 74 µg/l (Circ. 2007-23 BOMEDD)⁴

LQ :

Note : NQE / LQ : compatibles/incompatibles

PNEC eau douce :

Occurrence de la substance dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Analyse des données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour la substance

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Conclusion sur le niveau d'intérêt de la substance pour les différents sous-secteurs en fonction de la représentativité des données et des dépassements des seuils.

Traitabilité⁵ :

Résumé succinct des informations issues des fiches "traitement"

¹ Liste non exhaustive

² **NQE-MA** : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

³ **NQE-CMA** : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

⁴ **NQE** provisoires

⁵ Pour plus de précisions, se reporter aux fiches "traitements" correspondantes

REGLEMENTATIONStatut de la substance par rapport aux textes suivants :

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC⁶ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁷**
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁸**
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁹:**
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
Catégorie de danger : Codes de danger :
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001¹⁰**
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation¹¹**
- **Instruction n°DGS/EA4/2012/366 du 18 octobre 2102 relative au repérage des canalisations en PVC susceptibles de contenir du chlorure de vinyle monomère résiduel risquant de migrer vers l'eau destinée à la consommation humaine [...] en application des articles R.1321-26 à R.1321-36 du code de la santé publique.¹²**

⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>¹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11¹¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15¹² http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2012/11/cir_36013.pdf**NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**

Informations disponibles dans les sources documentaires consultées sur :

- ✓ l'éventualité de l'existence de la substance à l'état naturel
- ✓ les sources connues de production non intentionnelle de la substance
- ✓ la présence de la substance en tant que contaminant d'autres substances ou formulations susceptibles d'être utilisées dans les process des industries du déchet
- ✓ les sources éventuelles de production de la substance par transformation (biotique ou abiotique) d'autres substances

PRODUCTION / UTILISATION**SYNTHESE / PRODUCTION**

Description des grandes voies de synthèse de la substance ; identification des impuretés coproduites susceptibles de la contaminer.

UTILISATION GENERALE

Grandes familles d'usages pour la substance.

UTILISATION DANS LES PROCÉDES DES INDUSTRIES DU SECTEUR DES DÉCHETS

Le cas échéant, identification d'utilisations avérées ou possibles (ou historiques) de la substance dans les procédés des industries du déchet.

UTILISATION DANS LES AUTRES SECTEURS INDUSTRIELS

Détail des utilisations de la substance de façon à identifier les grandes familles de déchets susceptibles d'être contaminés.

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Détail des résultats partiels de la campagne RSDE-2 tels qu'ils sont présentés dans le rapport de l'étude (tome 1)

Pour chaque substance, les flux pris en compte sont exprimés sous la forme de "flux moyens réglementaires formatés" et correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Lorsque des informations récentes sont disponibles (en particulier des résultats du projet AMPERES)

Présence dans l'environnement

Description succincte des mécanismes de transformation de la substance dans le compartiment, de possibilités de transfert d'un compartiment à l'autre et concentrations ubiquitaires lorsqu'elles sont disponibles.

Ces données peuvent apporter des éléments de compréhension sur la présence de substance dans l'environnement.

Compartiment atmosphérique**Eau/sédiments****Sols****PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS****Résumé des origines possibles ou certaines de la substance dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :**

Cette liste a été élaborée à partir de l'expertise de l'équipe POLDEN sur la connaissance des déchets dangereux et non dangereux.

Dans le cadre de l'atténuation des rejets des émissions de substances dangereuses, une telle liste a pour vocation de permettre de cibler des actions sur des déchets potentiellement contaminés par la substance.

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Les méthodes de quantification de la substance (du prélèvement au dosage) ont été recherchées. L'objectif était d'identifier les méthodes adaptées aux eaux usées industrielles.

Les rares sources françaises disponibles (Fiches toxicologiques et environnementales de l'INERIS et fiches AQUAREF) décrivent essentiellement des méthodes de dosage dans les eaux naturelles (ou de distribution). Faute d'autres informations, elles ont été rapportées dans les présentes fiches.

Des méthodes adaptées aux eaux usées industrielles ou aux rejets des stations d'épurations urbaines ont pu être trouvées sur des sites des USA. Le cas échéant, elles ont aussi été rapportées dans les fiches.

Le site spécialisé "AQUAREF" s'étoffe très régulièrement.

EAUX**Prélèvements et conditionnement****Extraction / préparation****Dosage****Méthode de dosage****Limite de détection :****Limite de quantification :****REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT****PRODUITS DE SUBSTITUTION**

Les informations susceptibles d'intéresser les industries du secteur des déchets directement - ou indirectement par le biais des déchets qu'elles pourraient avoir à accueillir ont été reportées. C'est en particulier le cas pour les solvants.

CHANGEMENT DE PROCESS

Idem

TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES SOLUTIONS CONCENTREES

Lorsqu'elles existaient (le plus souvent dans les fiches Technico-économiques de l'INERIS), des informations sur les techniques de traitement de la substance à concentrations élevées ont été reportées. C'est en particulier le cas pour les solvants.

TECHNIQUES DE REDUCTION DE LA SUBSTANCE DANS LES EAUX USEES

Les méthodes de traitement de la substance dans les eaux usées ont été identifiées, avec, dans la mesure du possible, des informations sur les niveaux de rendement ou les conditions permettant d'optimiser l'abattement de la substance dans les rejets. Ces informations sont détaillées dans les "Fiches Traitements" du présent rapport.

On notera que les informations disponibles proviennent dans la plupart des cas (si ce n'est dans la totalité des cas) d'études réalisées sur des rejets de stations d'épuration urbaines. La typologie des eaux usées industrielles en général et des effluents des industries du secteur des déchets en particulier, est différente, mais les industriels ne communiquent pas sur ce sujet.

REFERENCES

Liste des documents consultés, avec dans la mesure du possible, les adresses précises des sites Internet où ils sont accessibles lorsque c'est le cas.

Les adresses ont toutes été vérifiées avant la finalisation des documents

2,4,6 TRICHLOROPHENOL

DESCRIPTIF**Synonymes :**

- 2,4,6-trichlorophénol
- 2,4,6-TCP
- 1,3,5-trichloro-2-hydroxybenzène
- 1,3,5-trichlorophénol
- Phenachlor

Formule développée

Familles :
chlorophénol
composé aromatique
comp. organo-halogéné

Formule semi-développée : C₆H₂ Cl₃OH

N° CAS : 88-06-2

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 197,446 g.mol⁻¹ (RMC, 2010)

Solubilité dans l'eau : 0,8g/L à 25°C (RMC, 2010)

Pression de vapeur : 0,0035 kPa à 20 °C, 0.0012 kPa à 25 °C, 0,133 kPa à 76,5°C (RMC, 2010)

Point éclair : 99°C (RMC, 2010)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 17 h (dégradation par les ultra violets) (INERIS, 2005)

Constante de Henry : 2,6*10⁻⁶ atm/m³/mole (NLM) 0,57 Pa*m³/mol à 25°C (INERIS, 2005)

Log Kow : 3,69 (NLM)

Koc : 711 L/kg (INERIS, 2005)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Le 2,4,5 trichlorophénol réagit avec les oxydants puissants. (RMC, 2010) modifié)
- Stable. Incompatible avec l'acide chlorhydrique, les anhydrides d'acides, les agents oxydants et le carbonate de sodium (ChemSpider)

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures NQE-MA¹³ : 10 µg/L **NQE-CMA** : 50 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 0,1 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC chronique eau douce : 0,41 µg/L (INERIS, 2011)

Occurrence du 2,4,6-trichlorophénol dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés¹⁴ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **5,34 g/j** (158 sites - 144 mesures - 0 flux supérieurs aux seuils).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le 2,4,6-trichlorophénol n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.3. Les données ci-dessus, liées à quelques situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de 2,4,6-trichlorophénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

¹³ NQE-MA = valeur moyenne annuelle - NQE-CMA = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)

¹⁴ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

Traitabilité¹⁵

Dégradé sous l'effet des rayons ultraviolets (demi-vie = 17 h) (RMC, 2010)

Biodégradable dans l'eau et dans les sols, en présence de microorganismes (RMC, 2010)

Non biodégradable en anaérobiose (RMC, 2010)

Voies de dégradations et sous-produits : http://www.genome.jp/kegg-bin/show_pathway?ko00361

En finition, un traitement sur charbon actif semble le plus judicieux (RMC, 2010)

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Traitement par oxydation thermique et incinération.

¹⁵ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE** : Substance dangereuse prioritaire (directive 2008/105/EC)
 - Substance prioritaire (annexe III) : le 2,4,6-trichlorophénol n'est pas concerné
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)**¹⁶
 - Le 2,4,6-trichlorophénol n'est pas concerné
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation (ECHA)** :
 - Le 2,4,6-trichlorophénol n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances¹⁷:
 - Le 2,4,6-trichlorophénol n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Susceptible de provoquer le cancer
Acute Tox.4	H302	danger par aspiration, cat. de danger 1
Eye Irrit. 2	H319	Provoque une sévère irritation des yeux
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**¹⁸
 - Le 2,4,6-trichlorophénol n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Le 2,4,6-trichlorophénol n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la 2^{ème} phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des ICPE soumises à autorisation**¹⁹
 - Annexe 1 : 2,4,6-trichlorophénol fait partie des substances dangereuses à rechercher au cas par cas dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,1 µg/L

¹⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

¹⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

¹⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

¹⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

La désinfection de l'eau par le chlore peut former des chlorophénols, dont le 2,4,6-trichlorophénol. Il en est de même pour la chloration liée à la chloroperoxydase de matières organiques naturelles. (INERIS, 2005)

PRODUCTION / UTILISATION**Production**

Le 2,4,6-trichlorophénol est obtenu par l'action directe du chlore gazeux sur le phénol à une température de 65°C à 130°C, sous une pression de 1,3 atmosphère, en présence d'un catalyseur (chlorure d'aluminium). Une distillation permet de séparer le 2,4,6-trichlorophénol du 2,3,4,6-tétrachlorophénol et du pentachlorophénol formés également au cours de la réaction. (INERIS, 2005)

Utilisations

La toxicité des chlorophénols vis-à-vis de nombreux organismes se traduit par une gamme étendue d'utilisations dans les domaines suivants phytosanitaires : herbicides, défoliants, fongicides, bactéricides, germicides Le 2,4,6-trichlorophénol est plus précisément employé comme agent de protection du bois. Il sert également d'intermédiaire de synthèse dans la fabrication de substances phytosanitaires, du pentachlorophénol, du 2,3,4,6-tétrachlorophénol et de leurs sels de sodium. (INERIS, 2005)

Son utilisation est en diminution car il est, de par son procédé de fabrication, contaminé par les dioxines, telles la 2,3,7-trichlorodibenzo-p-dioxine, la 1,3,7,9-tétrachlorodibenzo-p-dioxine ou la 1,3,6,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine, ainsi que par d'autres polluants tels que le 2,3,7,8-tétrachlorodibenzofurane ou les polychlorodibenzofuranes (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet
- En tant que biocide, le 2,4,6-trichlorophénol peut éventuellement être utilisé dans les opérations d'entretien des sites.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur de la chimie**Secteur Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires :**

- Utilisé comme: herbicide, défoliant, fongicide, bactéricide, germicide. Utilisé plus précisément comme agent de protection (RMC, 2010)
- Le 2,4,6-trichlorophénol est plus précisément employé comme agent de protection du bois. (INERIS, 2005)

Autres secteur industriels

- Utilisé comme intermédiaire de synthèse dans la fabrication de substances phytosanitaires, pentachlorophénol et du 2,3,4,6-tétrachlorophénol et de leurs sels de sodium (RMC, 2010)
- Présent dans les industries de production du fer, de l'acier, des composants électriques, des équipements photographiques, des produits pharmaceutiques des produits organiques, des matières plastiques et du papier. (RMC, 2010)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Le 2,4,6-trichlorophénol est, de par son procédé de fabrication, contaminé par les dioxines, telle la 2,3,7-trichlorodibenzo-p-dioxine, la 1,3,7,9-tétrachlorodibenzo-p-dioxine ou encore la 1,3,6,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine, et d'autres polluants tel que le 2,3,7,8-tétrachlorodibenzofurane ou les polychlorodibenzofuranes (RMC, 2010) - son utilisation est donc source d'émission de traces de dioxines.

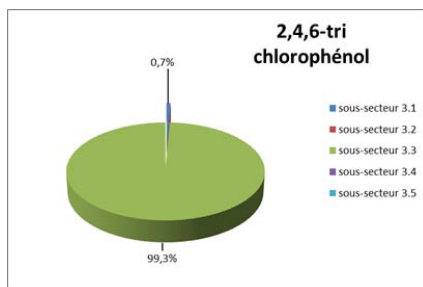
Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de 2,4,6-trichlorophénol du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 5,34 g/j, (158 sites - 144 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 2 sites (8 mesures - contributeur à 0,7% au flux du sect. 3) 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 5 sites (21 mesures - contributeur à 0% au flux du sect. 3) 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 17 sites (103 mesures - contributeur à 99,3% au flux du sect. 3) 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **5,3 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 0 site
- Sous-secteur 3.5** : 2 sites (12 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3). 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Répartition des flux en 2,4,6-trichlorophénol dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
 3.2 Installations de stockage DND
 3.4 Lavage de citernes
 3.5 Autres sites de traitement DND
 3.3 UIOM

Note : le 2,4,6-trichlorophénol n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.3 (voir annexe 1 de la Circulaire du 05/01/09 relative au RSDE-2). Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de 2,4,6-trichlorophénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Le 2,4,6-trichlorophénol n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, l'absence de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, de l'importance du flux total du secteur 3 (5,34 g/j), et plus particulièrement le fait que cette substance ne soit pas analysée systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites, le 2,4,6-trichlorophénol n'apparaît pas comme substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet.

Note : cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Présence dans les autres rejets industriels

Du 2,4,6-trichlorophénol est notamment trouvé dans certains effluents de l'industrie du plastique, de la métallurgie production de fer, acier, composants électriques. On en trouve aussi dans les effluents d'unités d'équipements photographiques, pharmaceutiques des produits organiques, des matières plastiques et du papier. (RMC, 2010)

Le 2,4,6-trichlorophénol est présent dans les effluents des industries de production du fer, de l'acier, des composants électriques, des équipements photographiques, des produits pharmaceutiques, des produits organiques, des matières plastiques et du papier. (INERIS, 2005)

Présence dans l'environnement

Le lessivage des bois traités et des sols agricoles est en partie responsable de la présence de 2,4,6-trichlorophénol dans les eaux. Le traitement de l'eau par le chlore peut également induire la formation de chlorophénols en particulier le 2,4,6-trichlorophénol. (INERIS, 2005)

Compartiment atmosphérique

Seulement une petite fraction (environ 5%) des chlorophénols (2-CP, 2,4-DCP, et 2,4,6-TCP) présents dans l'environnement est dispersée dans l'atmosphère. Ces rejets atmosphériques principalement associés à la fabrication et à l'utilisation des chlorophénols peuvent aussi provenir de l'incinération de résidus chlorés (usines d'incinération d'ordures ménagères par exemple). (INERIS, 2005)

Eau

La majeure partie (85%) des chlorophénols (2-chlorophénol, 2,4-dichlorophénol, et 2,4,6-trichlorophénol) introduits dans l'environnement est retrouvée dans les eaux de surface. (INERIS, 2005)

Le traitement de l'eau par le chlore peut également induire la formation de chlorophénols, en particulier le 2,4,6-TCP. La chloration liée à la chloroperoxydase de matière organique naturelle expliquerait également les teneurs en chlorophénols et spécialement en 2,4,6-TCP dans les eaux de surface (INERIS, 2005).

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du 2,4,6-trichlorophénol dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

03 Déchets de la transformation du bois et de la production de panneaux, meubles, pâte à papier, papier et carton

03 02 Déchets des produits de protection du bois
 03 02 02* composés organochlorés de protection du bois

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 07 02 Déchets provenant de la FFDDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

- 07 07 Déchets de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (dont déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses

19 07 Lixiviats de décharges

- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs

- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 13* solvants

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX DE SURFACE (INERIS, 2005)

Prélèvements et conditionnement

Pour le prélèvement, le flacon est rincé avec l'eau à prélever puis rempli à ras bord. L'emploi de flacon en verre ou en acier inoxydable est fortement conseillé. Pour éviter les risques d'adsorption, l'utilisation de matière plastique est à proscrire.

En présence d'halogènes libres (par exemple chlore résiduel en fin de chaîne de traitement), il convient d'ajouter quelques cristaux de thiosulfate de sodium pentahydraté ou 0,1 mL d'une solution de thiosulfate à 10% en masse (m/m) pour 125 mL d'échantillon. Pour tout autre composé susceptible d'interférer, il est conseillé de ne pas ajouter d'autre agent de conservation.

Les échantillons doivent être conservés à l'abri de la lumière et à 4°C. L'extraction doit ensuite être effectuée dans les 48 heures suivant le prélèvement.

Extraction / préparation

L'échantillon d'eau est traité par partition acide/base : extraction de l'eau acidifiée par un solvant organique, lavage de la phase organique par une base, puis la phase aqueuse est soit acidifiée et extraite par un solvant organique dans lequel les composés sont alors dérivés, soit la dérivatisation est opérée en milieu neutre directement dans l'eau et les dérivés sont extraits par un solvant organique apolaire (généralement l'hexane). Les principaux agents de dérivatisation employés pour les chlorophénols sont l'anhydride acétique et le chlorure de pentafluorobenzoyle. Dans certains cas, les chlorophénols sont analysés directement sans étape préalable de dérivatisation.

Dosage

Méthode de dosage

L'analyse des extraits est effectuée par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (CPG/ECD) ou à un spectromètre de masse (CPG/SM). Dans certains cas, pour plus de certitude sur la détection, les échantillons sont séparés sur deux colonnes de polarité différentes. Le dosage se fait généralement par étalonnage interne (dibromophénol ou tribromophénol utilisés comme étalon interne). (INERIS, 2005)

Limite de détection - -

Limite de quantification : 0,1 µg/l (LQ circulaire du 05/01/09)

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES**Norme ISO 8165-1 : Qualité de l'eau - Dosage des phénols monovalents sélectionnés - Partie 1 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse après enrichissement par extraction (janvier 1992)**

Domaine d'application : Cette norme internationale s'applique à la détermination de différents alkylphénols à chaîne courte et chlorophénols, dont le 2,4,6-trichlorophénol, dans les eaux. La gamme de concentrations couverte s'étend de 0,1 µg/L à 1 mg/l.

Principe : Les analytes sont pré-concentrés par extraction liquide/liquide à l'éther éthylique. La phase éthylique est ensuite lavée à l'aide d'une solution aqueuse basique. Après acidification, la phase aqueuse est ré-extraite à l'éther éthylique. Dans le cas d'eau chargée en substances organiques, l'extrait est purifié sur micro-colonne de gel de silice. L'extrait est ensuite concentré par distillation isotherme. Les composés sont analysés par CPG/ECD avec séparation sur deux colonnes de polarités différentes. Le dosage se fait par étalonnage interne, l'étalon étant le 1,4- ou 1,5-dibromophénol.

Interférences : Les tensioactifs, les émulsifiants ou les concentrations élevées de solvants polaires (acétone, méthanol) peuvent affecter l'étape d'extraction. De même, les particules en suspension dans l'eau peuvent perturber l'efficacité de l'extraction. La présence dans l'eau d'une deuxième phase liquide (huiles minérales par exemple) perturbe l'échantillonnage et l'extraction. Dans ce cas, seule la phase aqueuse doit être analysée et la portion de phase non aqueuse est mentionnée dans le rapport d'essai.

Norme ISO 8165-2 : Qualité de l'eau - Dosage des phénols monovalents sélectionnés - Partie 2 : Méthode par dérivatisation et chromatographie en phase gazeuse. (juil. 1999)

Domaine d'application : Cette norme internationale décrit l'analyse de différents alkylphénols à chaîne courte et chlorophénols, dont le 2,4,6-trichlorophénol, dans les eaux potables, les eaux souterraines et les eaux de surface faiblement contaminées. Elle s'applique à des niveaux de concentrations supérieurs à 0,1 µg/l.

Principe : L'échantillon d'eau à pH basique est extrait par de l'hexane. Ensuite une étape d'extraction/dérivation est opérée sur la phase aqueuse en présence de carbonate de sodium par ajout simultané du solvant organique (hexane) et de l'agent de dérivatisation (chlorure de pentafluorobenzoyle). Après séparation des phases, l'extrait organique contenant les chlorophénols dérivés est séché sur sulfate de sodium puis analysé par CPG/ECD avec une double séparation sur deux colonnes capillaires de polarités différentes.

Interférences : Les tensioactifs, les émulsifiants ou les concentrations élevées de solvants polaires (acétone, méthanol) peuvent affecter l'étape de dérivatisation par extraction. De même, les particules en suspension dans l'eau peuvent perturber l'efficacité de l'extraction. La présence dans l'eau d'une deuxième phase liquide (huiles minérales par exemple) perturbe l'échantillonnage et l'extraction. Dans ce cas, seule la phase aqueuse doit être analysée et la portion de phase non aqueuse est mentionnée dans le rapport d'essai.

Norme NF EN 12673 : Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie en phase gazeuse de certains chlorophénols dans les eaux. (mars 1999)

Domaine d'application : Cette norme européenne décrit le dosage par chromatographie en phase gazeuse de 19 chlorophénols, dont le 2,4,6-trichlorophénol, dans les eaux. La méthode a fait l'objet d'une validation dans les eaux de boisson, les eaux de surface et les eaux résiduaires. Mais elle peut également être appliquée à l'analyse des eaux souterraines, des eaux de pluie et des eaux de mer. La gamme de concentrations couverte s'étend de 0,1 µg/l à 1 mg/l.

Principe : Pour les eaux faiblement polluées, les chlorophénols sont acétylés directement par ajout d'anhydride acétique, puis les dérivés sont extraits à l'hexane et analysés par CPG/ECD avec une double séparation sur deux colonnes de polarités différentes ou par CPG/SM (acquisition du spectre complet ou sur les ions spécifiques). Pour les eaux davantage polluées, préalablement à la dérivatisation, l'échantillon est purifié par partition acide/base. Le dosage se fait par étalonnage interne, les étalons utilisés étant les 2,4- et 2,6-dibromophénols ainsi que les 2,3,6- et 2,4,6-tribromophénols. En CPG/SM, il est possible d'utiliser les composés marqués au carbone 13 ou au deutérium comme étalons internes.

Interférences : Les tensioactifs, les émulsifiants ou les concentrations élevées de solvants polaires (acétone, méthanol) peuvent affecter l'étape d'extraction. De même, les particules en suspension dans l'eau peuvent perturber l'efficacité de l'extraction. La présence dans l'eau d'une deuxième phase liquide (huiles minérales par exemple) perturbe l'échantillonnage et l'extraction. Dans ce cas, seule la phase aqueuse doit être analysée et la portion de phase non aqueuse est mentionnée dans le rapport d'essai.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement par adsorption**

Dans l'eau, le 2,4,6-trichlorophénol possède les caractéristiques physico-chimiques requises pour s'adsorber à la phase particulaire. (INERIS, 2005)

D'après (RMC, 2010), un traitement sur charbon actif semble le plus judicieux en finition pour traiter le 2,4,6-trichlorophénol.

Traitement par stripping

Le 2,4,6-trichlorophénol se volatilise lentement à partir des eaux de surface. Pour la forme anionique, le phénomène est encore plus significatif. (INERIS, 2005)

Traitement par dégradation abiotique

Le 2,4,6-trichlorophénol se dégrade sous l'effet des rayons ultraviolets avec une demi-vie de 17 heures; Aucune information disponible sur l'hydrolyse. (INERIS, 2005)

Traitement par biodégradation aérobie²⁰

Dans les eaux de surface, le 2,4,6-trichlorophénol est facilement biodégradable : en 7 jours, on observe 100% de disparition en présence de microorganismes issus de stations d'épuration. (INERIS, 2005)

Dans le sol, en 3 jours, 95% de la substance ont été dégradés (concentration initiale : 100 µg/g de sol humide) en présence de microorganismes issus d'un sol de type limono-argileux. (INERIS, 2005)

Traitement par biodégradation anaérobie

Plusieurs études ont montré que le 2,4,6-trichlorophénol ne se dégrade pas en milieu anaérobie (OMS, IPCS, 1989 ; Baker et Mayfield, 1980) cités par (INERIS, 2005).

Traitement par les stations d'épurations urbaines

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du 2,4,6-trichlorophénol passe de 40% en entrée de STEP à 20% en sortie de STEP.

Traitement par oxydation thermique

Selon (RMC, 2010) l'oxydation thermique est efficace pour le traitement du 2,4,6-trichlorophénol

²⁰ Voies de dégradations et sous-produits : http://www.genome.jp/kegg-bin/show_pathway?ko00361

REFERENCES

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coillie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

ChemSpider ChemSpider [En ligne] // The Free Chemical Database. - 2011. - <http://www.chemspider.com/>.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

ILO Hydrocarbures aromatiques halogénés [En ligne] // ILO - Organisation Mondiale du travail. - 2011. - 2011. - http://www.ilo.org/safework_bookshelf/french?content&nd=857171274. - SafeWork Bookshelf.

INERIS 2,4,6-trichlorophénol [En ligne] // Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. - INERIS, 2005. - Version 1 (2 juin 2005). - 34 pages. - INERIS–DRC-01-25590 01DR034.doc.

INERIS 2,4,6-trichlorophénol [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 02 01 2011. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/glossaire/view/letter/other>.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLe.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

NLM ChemIDplus Advanced [En ligne] // United States National Library of Medicine. - <http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/>.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

PENTACHLOROPHÉNO

DESCRIPTIF**Synonymes** (liste des dénominations commerciales non exhaustive²¹) :

Phenol, pentachloro- (8Cl,9Cl)	1-Hydroxypentachlorobenzene	
1-Hydroxy-2,3,4,5,6-pentachlorobenzene	PCP (pesticide)	Perchlorophenol
Chlon	Dura Treet II	Fungifen
Lauxtol	Liroprem;NSC	Dowicide 7
Penton 70	Pentor 70	Pol Nu
Pole topper	Pole topper fluid	Witophen P
Chlorophenasicacid	Woodtreat A	
		EP 30 (pesticide)
		Grundier Arbezol
		Permasan
		Santophen 20
		Penta
		Penchlorol
		Satophen
		Preventol P

Formule semi-développée : C₆Cl₅OH

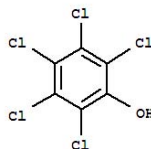
N° CAS : 87-86-5

Métabolites : (TOXNET)

- Dans les sols aérobies : 2,3,7,8-tétrachlorophénol-dibenzo-p-dioxine
- Dans les sols anaérobies : les premiers métabolites sont le 2,3,4,5- et le 2,3,5,6-tétrachlorophénol, mais aussi le **pentachloroanisole**, des tri- et tétra-chlorophénols, puis le 3,4,5-trichlorophénol, le 2,4-dichlorophénol et enfin les 2- et 4-chlorophénol.

Molécules apparentées : (INERIS, 2005)

- Le sel : le pentachlorophénate de sodium (Na-PCP CAS 131-52-2), qui se dégrade en PCP dans l'environnement;
- L'ester : le laurate de pentachlorophényl (PCPL), qui se transforme lentement en PCP ionisé par hydrolyse dans l'environnement.

Formule développée**Familles** :

- chlorophénols
- composés aromatiques
- comp. organo-halogénés
- pesticides chlorés

Propriétés physico-chimiques :**Masse molaire** : 266,34 g/mol (NCBI)

Solubilité dans l'eau : 80 mg/l à 20°C (Extoxnet, 2012)
 5 mg/l à 0°C 14 mg/l à 20°C 14 mg/l à 25°C 35 mg/l à 50°C
 85 mg/l à 70°C (TOXNET)
 2 000 mg/l à 20-25°C (INERIS, 2011) - cette valeur semble être erronée

Pression de vapeur : 2*10⁻³ Pa à 20°C (INERIS, 2011) 1,47*10⁻² Pa à 25°C (INERIS, 2011)**Constante de Henry** : 2,45*10⁻⁸ atm/m³/mol à 22°C (TOXNET)

Log Kow : 5,12 (HSDB, 2011) **Koc** : 145 à 290 000 l/kg²² (INERIS, 2011)
 3,32 pour la forme ionisée (INERIS, 2011) à pH7 (AQUAREF, 2010)

Persistence dans l'eau : 1 jour (Ag S-N, 2008)

½ vie : de quelques heures à quelques jours (Extoxnet, 2012)

Persistence dans les sols : 1 an (Ag S-N, 2008)

½ vie : 45 jours (Extoxnet, 2012)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

Le pentachlorophénol n'est pas combustible, mais se décompose au feu. La combustion dégage des produits toxiques selon les conditions de température : **HCl, dioxines, et divers chlorophénols dont des dibenzofuranes polychlorés.** (HSDB, 2011)

Non corrosif en absence d'humidité ; peut réagir en présence d'acides, de bases, d'agents oxydants, et d'autres substances organiques (HSDB, 2011)

Le contact avec des oxydants forts donne des réactions explosives ou inflammation (HSDB, 2011)

En solution aqueuse diluée, l'irradiation solaire ou UV provoque une photolyse du produit. Parmi les produits de dégradation on trouve des chlorophénols et tétrachlorodihydroxybenzènes. (INRS, 1997)

²¹ 185 synonymes identifiés (NCBI) <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?q=nama&cid=992>²² Valeurs extrêmement dispersées - selon le pH du sol et le ratio forme ionisée/non ionisée**Toxicité et écotoxicité** :**Eaux de surface intérieures****NQE-MA²³** : 0,4 µg/L (Dir. 2008/105/CE)**LQ circ 05/01/09** = 0,1 µg/l**NQE-CMA** : 1 µg/l (Dir. 2008/105/CE)**Note** : NQE / LQ compatibles**PNEC eau douce** : dans le cadres de la Directive Cadre sur l'Eau ; 0,35 µg/l (INERIS, 2011)

Note : la variabilité des données de toxicité trouvées dans la littérature fait que, plutôt que de proposer une valeur de PNEC, même provisoire, et manifestation trop restrictive, l'INERIS propose de différer la publication d'une PNEC eau pour le pentachlorophénol. (INERIS, 2011)

Occurrence dans les rejets industriels**Le pentachlorophénol dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés²⁴ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **512,94 g/j** (158 sites - 810 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction).

On notera que les deux dépassements des seuils sont détectés pour le sous -secteur 3.1 pour lequel le pentachlorophénol ne fait pas partie de la liste des substances concernées.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le pentachlorophénol est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5, et au cas par cas dans les autres sous-secteurs.

Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de pentachlorophénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Selon ces données, **le pentachlorophénol n'est pas une substance d'intérêt** pour les industries du secteur des déchets.

Traitabilité²⁵

Traitement possible par adsorption (particulièrement en conditions acides)

Traitement par oxydation

Réfractaire à l'oxydo-réduction

Molécule peu biodégradable du fait de sa toxicité, l'augmentation de la concentration tend à augmenter la durée de dégradation (INERIS, 2011)

Le traitement biologique est utilisé comme principal traitement de finition (efficacité essentiellement liée à l'adsorption sur la biomasse).

²³ **NQE-MA** = valeur moyenne annuelle - **NQE-CMA** = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)²⁴ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné²⁵ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

REGLEMENTATION**Réglementation européenne**

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**²⁶
 - Le statut du pentachlorophénol (et de ses sels et esters) est en cours d'examen par la convention de Stockholm pour son inscription aux annexes A, B ou C. En effet, ses caractéristiques de persistance, de potentiel de bioaccumulation, de propagation à longue distance dans l'environnement, ainsi que ses effets nocifs ont été estimés suffisamment documentés. Le pentachloroanisole - précurseur et produit de transformation du pentachlorophénol - est associé à la démarche.²⁷
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²⁸:
 - Substance soumise à restriction (annexe XVII)
- **Circulaire 2007/23 du 7 mai 2007 définissant les "normes de qualité environnementale provisoires (NQE)"** des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau.
 - Tableau A des NQE à retenir pour les substances prioritaires figurant à l'annexe X de la DCE : NQE pour les eaux de surfaces intérieures : 2 µg/l (concentration totale)
- Le pentachlorophénol est une des **substances prioritaires** des annexes I et X de la **Directive 2008/105/CE** du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE²⁹
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégories de danger : Codes de danger :

Carc. 2	H351	Cancérogénicité, cat.de danger 2
Acute Tox. 2	H330	Tox. aiguë par inhalation, cat.de danger 2
Acute Tox. 3	H311	Tox. aiguë par voie cutanée, cat.de danger 3
Eye Irrit. 2	H319	Lésions/irritations oculaires graves, cat. danger 2
STOT SE 3	H335	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition unique, cat.de danger 3, Irritation des voies respiratoires
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1

Pentachlorophénate de sodium ou de potassium : dangers identiques avec en plus :

Acute Tox. 3	H301	Toxique en cas d'ingestion
--------------	------	----------------------------

²⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

²⁷ <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/Chemicals/tabid/243/Default.aspx>

²⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:L:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

²⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an³⁰
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**³¹
 - Annexe 1 : le pentachlorophénol fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,1 µg/l
- **Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)³²
 - Le pentachlorophénol n'est pas concerné

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**Néoformation**

Le pentachlorophénate de sodium et le pentachlorophényl-laurate sont susceptibles de se transformer en pentachlorophénol (INERIS, 2005)

Impureté dans des réactifs

Une étude suédoise a mis en évidence (au début des années 90) du pentachlorophénol présent comme impureté dans de la soude (INERIS, 2005).

L'utilisation d'un réactif ainsi contaminé, par exemple pour l'ajustement du pH des rejets, sera à l'origine d'émission de pentachlorophénol.

Impureté dans le pentachlorophénol

L'hexachlorodibenzoparadoxine (HCDD) est signalée comme contaminant du pentachlorophénol par le règlement REACH (CE 1907-2006)

Emissions à l'incinération

Les feux de forêts et la combustion du bois en foyer domestique seraient une source d'émission atmosphérique de pentachlorophénol. (INERIS, 2005)

Le pentachlorophénol peut être émis lors de l'incinération de déchets contenant des produits chlorés, notamment du PVC. (INERIS, 2005)

Contamination des eaux pluviales

Les eaux pluviales peuvent se contaminer en pentachlorophénol lorsqu'elles ruissellent sur des bois anciennement traités au pentachlorophénol (INERIS, 2005) ou sur des terrains intentionnellement traités.

³⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

³¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

³² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

Sources de pollutions naturelles

Dans une référence ancienne, l'IARC³³ relève que le pentachlorophénol est produit par le métabolisme de champignons (HSDB, 2011)

Une source diffuse possible de pentachlorophénol dans l'environnement peut être la métabolisation d'autres molécules organochlorées (lindane, hexachlorobenzène, pentachlorobenzène, pentachloronitrobenzène) en pentachlorophénol par des végétaux contaminés. (INERIS, 2005)

PRODUCTION / UTILISATIONS**Production**

Plusieurs voies de synthèse du pentachlorophénol sont décrites dans la littérature (HSDB, 2011) :

Chloration du 2,4,5-trichlorophénol

Le pentachlorophénol peut être obtenu par la chloration du 2,4,5-trichlorophénol.

Chloration catalytique directe du phénol avec du chlore gazeux

Le pentachlorophénol est produit commercialement (aux USA) par la chloration directe du phénol avec du chlore gazeux en présence de catalyseur, par une élévation progressive de la température jusqu'à 200°C. On fait barboter du chlore gazeux dans le phénol liquide à 30-40°C pour produire du 2,4,6-trichlorophénol qui est lui-même transformé en pentachlorophénol en poursuivant la chloration à des températures plus élevées et en présence de catalyseur (aluminium par exemple). D'autres composés indésirables sont formés lors de cette synthèse ; les isomères des hexa-, hepta-, et octa-chlorodibenzo-para-dioxin ainsi que les isomères des tétra-, penta-, hexa-, hepta-, et octa-chlorodibenzofurane.

Hydrolyse alcaline de l'hexachlorobenzène

Le pentachlorophénol peut aussi être préparé par hydrolyse alcaline de l'hexachlorobenzène dans du méthanol et des alcools en solution aqueuse à 130-170°C. Un grand nombre de composés (très) toxiques indésirables sont produits à l'état de traces durant cette synthèse : des dibenzofuranes polychlorés ainsi que des dibenzo-p-dioxines polychlorées. Ces contaminations font que les pays européens ont restreint l'usage du pentachlorophénol.

On notera que le produit technique contient 82% ou plus de pentachlorophénol, et des impuretés dont la nature et la teneur varient en fonction du procédé de fabrication. Les principaux contaminants sont d'autres chlorophénols (surtout le tétrachlorophénol qui peut représenter 4 à 12% du produit), mais on trouve aussi de faibles quantités de polychloro-phénoxyphénols (1 à 5%), des polychlorodibenzo-p-dioxines, des polychlorodibenzofuranes (dans les 2 cas surtout les dérivés octa- et heptachlorés), des polychlorobiphényléthers et de l'hexachlorobenzène (INRS, 1997). Ces substances indésirables peuvent être des sources de contamination des rejets en cas d'utilisation de pentachlorophénol.

Depuis 1992, il n'y a plus de production de pentachlorophénol ni de pentachlorophénate de sodium en Europe.

Utilisations

³³ IARC; "Some Halogenated Hydrocarbons" 20: 303-25 (1979) - article collectif

Le pentachlorophénol est une substance toxique principalement par son action inhibitrice de la phosphorylation oxydative (par exemple dans le cycle de la synthèse cellulaire de l'ATP, support essentiel de la vie). Il est utilisé comme pesticide, et en particulier comme fongicide, insecticide, rodenticide, herbicide large spectre (NCBI)

Commercialisés en France depuis 1950, le pentachlorophénate de sodium et le pentachlorophénol ont vu leur utilisation décliner, respectivement à partir de 1988 et 1986 (ANSES, 2010) pour être soumise à restriction à partir de 1994.

Malgré le décret du 27 juillet 1994 qui interdit la mise sur le marché de produits contenant plus de 0,1% en masse de PCP, des dérogations sont prévues. L'emploi du pentachlorophénol et de ses sels est donc admis dans les installations industrielles, notamment pour la préservation des bois, sauf ceux servant à la fabrication de meubles ou de contenants alimentaires, pour l'imprégnation de fibres et textiles non destinés à l'habillement et à l'ameublement, comme intermédiaire de synthèse ou de transformation dans des procédés industriels, pour le traitement des bâtiments d'intérêt historique et culturel (soumis à autorisation). (INERIS, 2011)

Les utilisations principales aux USA sont (HSDB, 2011) :

- pesticide : fongicide, algicide, bactéricide, herbicide, molluscicide,
- préservation du bois, et en particulier des poteaux téléphoniques et électriques (usage principal)
- défoliant avant la levée de certaines cultures,
- bactéricide de certains fluides de forage,
- fongicide dans des adhésifs et des textiles et pour le contrôle des boues de l'industrie des pâtes et papiers
- pesticide pour la lutte contre certains mollusques vecteurs de maladies (Schistosomiase)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- L'utilisation spécifique du pentachlorophénol dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.
- En tant que pesticide, le pentachlorophénol peut éventuellement être utilisé dans les opérations d'entretien des sites.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur de la chimie**Secteur Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires**

- Le pentachlorophénol et ses dérivés ne sont plus fabriqués en Europe depuis 1992

Autres activités ou secteur industriels concernés

Les usages qui peuvent éventuellement subsister, ou qui sont encore susceptible de produire des déchets contaminés, sont :

Traitement du bois

- Le traitement du bois contre la coloration de l'aubier causée par des champignons (traitement "anti-bleu"). Ces attaques causent une coloration bleue-verte du bois qui diminue sa valeur commerciale. Le bois de pin dans les Landes est, ou a été, traité avec du pentachlorophénate de sodium (produit commercial "ALBAPIN"). Le NaPCP était utilisé pour protéger le bois pour palettes jetables, de construction, pour clôtures, mais, pour l'OSPAR (2001), ces usages auraient été abandonnés. (INERIS, 2005)
Les bois ainsi traités peuvent encore parvenir de nos jours aux industries du déchet.

Teintures et finition de textiles et de cuirs importés

- Le pentachlorophénol et ses dérivés ne sont pas interdits dans certains pays, notamment en Chine. L'interdiction d'importation des produits traités est particulièrement difficile à contrôler. Le problème (identifié à l'UNEP) se poserait particulièrement pour le coton. Selon les représentants de la profession textile en France, le PCP serait utilisé comme conservateur du coton durant son transport depuis les zones de production. Le traitement du coton en France peut donc occasionner des rejets de PCP dans les eaux. (INERIS, 2005)

Conservateur / désinfectant

- Un distributeur de produits chimiques français proposait le pentachlorophénol dans sa gamme "détergence" en 2003, mais a cessé la distribution en 2004. (INERIS, 2005)

Fluides industriels

- Le pentachlorophénol a été utilisé comme biocide dans les circuits d'eau industrielle (INERIS, 2005)

Huiles minérales

- Le pentachlorophénol a été utilisé comme additif dans des huiles minérales pour moteurs au moins jusque dans les années 1980 en Europe (INERIS, 2005)

Peintures anti-fouling

- Le pentachlorophénol a été un composant de peintures marines "anti-fouling" (INERIS, 2005)

Textiles militaires et bâches de poids lourds

- Le pentachlorophénol laurylate pourrait encore être utilisé en France en protection des textiles dans un contexte d'emploi militaire (tentes, bâches), ou pour des bâches de poids lourds pour le transport de marchandises (données OSPAR 2001) Cette utilisation, notamment pour les articles militaires, est confirmée par l'Union des Industries Textiles. (INERIS, 2005)
- Selon la profession textile, les produits de substitution n'offrent pas des performances comparables (durée de vie très inférieure) et sont plus chers : il y a donc une difficulté potentielle dans ce domaine. (INERIS, 2005)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Bien que son utilisation soit très restrictive en Europe, et donc en diminution significative, l'importation de produits (cuirs, textiles, bois) provenant de pays n'ayant pas interdit l'emploi du pentachlorophénol et de ses dérivés n'est envisagée qu'à partir de 2008 et pose des problèmes de contrôle. Cette situation est bien connue de la commission européenne pour le coton, traité au pentachlorophénol pour son transport entre les zones de production et les pays importateurs. Le travail et l'utilisation du coton ainsi traité sera à l'origine de déchets et d'effluents contaminés (il s'agit par ailleurs aussi d'une source de dioxines et furannes). (INERIS, 2005)

En 2005, l'utilisation du pentachlorophénol était encore autorisée en Chine mais ne n'était plus en Indonésie, et Nouvelle-Zélande. Des doutes subsistent encore sur l'utilisation de cette substance en Inde. (INERIS, 2005)

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 512,94 g/j pour le pentachlorophénol (158 sites - 156 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

Sous-secteur 3.1 : 28 sites (142 mesures - contributeur à 99,5% au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **510,6 g/j**

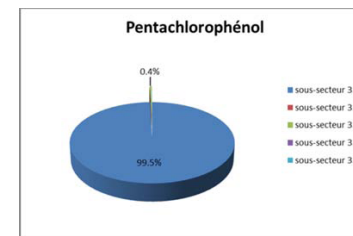
Sous-secteur 3.2 : 70 sites (352 mesures - contributeur à **0,02%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,08 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 32 sites (184 mesures - contributeur à 0,39% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,98 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 10 sites (46 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 16 sites (86 mesures - contributeur à 0,1% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,24 g/j**

Répartition des flux en pentachlorophénol dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Notes :

- le pentachlorophénol est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de pentachlorophénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.
- les deux dépassements des seuils sont détectés pour le sous -secteur 3.1 pour lequel le pentachlorophénol ne fait pas partie de la liste des substances concernées.

Le pentachlorophénol n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, de l'importance du flux total du secteur 3 (513 g/j), et plus particulièrement le fait que cette substance ne soit pas analysé systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites, le pentachlorophénol n'apparaît pas comme substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet.

Note : cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Présence dans les autres rejets industriels

Dans le cadre de l'action nationale de "Recherche et de réduction des rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau par les installations classées" du MEDD, le pentachlorophénol est recherché dans les rejets d'un grand nombre d'installations en France. Les premiers résultats disponibles semblent indiquer que les rejets sont très faibles (par exemple un total de 0,58 g/j en 2004 pour la Région Champagne-Ardennes). (INERIS, 2005)

Présence dans les rejets des stations d'épuration urbaines

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de pentachlorophénol dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le pentachlorophénol est détecté dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Le projet AMPERES a montré que le pentachlorophénol était détectée dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans l'environnement

Le pentachlorophénol, comme le lindane, font partie des substances actives utilisées pour la protection des bois aujourd'hui interdites, et malgré tout toujours détectées dans l'air intérieur plusieurs décennies après application. (ANSES, 2010)

Le lessivage des bois traités et des sols agricoles est en partie responsable de la présence de pentachlorophénol dans les eaux. Le traitement de l'eau par le chlore peut également induire la formation de chlorophénols en particulier le 2,4,6-trichlorophénol. (INERIS, 2005-b)

Il y a eu plusieurs milliers d'installations utilisant le pentachlorophénol en France depuis 1950, dans de nombreuses régions françaises. Dans le passé, toutes les précautions n'étaient pas prises pour éviter des fuites accidentelles ou chroniques vers les sols et les eaux souterraines des solutions de traitement et des eaux de lessivage des bois traités. (INERIS, 2005) Cette situation peut être à l'origine de pollutions diffuses encore actives de nos jours.

Compartment atmosphérique

L'importance du transport atmosphérique à longue distance en tant que source de pentachlorophénol n'est pas connue actuellement. En l'absence de source locale de contamination, il pourrait s'agir d'un facteur non négligeable en termes de présence dans les milieux aquatiques à l'état de traces. (INERIS, 2005)

Concentration ubiquitaire dans l'air : 1 ng/m³ (INERIS, 2011)

Eau & sédiments

Il n'a pas été possible de mener une étude complète sur la présence de pentachlorophénol dans les eaux en France. Cependant, des recherches sur les plus grands cours d'eau du bassin Rhin-Meuse montrent que le PCP n'y est pas détecté. (INERIS, 2005)

Sur l'ensemble des points de mesure des eaux continentales de France métropolitaine, des différents chlorophénols suivis, seul le pentachlorophénol est source de dépassement au regard des normes en vigueur et dans des proportions très restreintes (à peine 1% des points en 2007). La proportion des indéterminations depuis 2008 est faible. Les dépassements de normes concernent quelques stations du bassin Seine Normandie, qui resteront à confirmer dans les années à venir en raison de doutes analytiques. (CGDD, 2011)

Concentrations ubiquitaires dans l'eau douce de surface : de 0,1 à 1 µg/l (INERIS, 2011)

Sols

Le pentachlorophénol peut être présent, par exemple, dans les sols des friches industrielles, ou dans les sols ayant servi à l'entreposage de bois traités.

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Déchets**

Le pentachlorophénol est susceptible de contaminer de nombreux déchets, en particulier les matériaux traités (bois, papiers, textiles, cuirs). On pourra aussi en trouver dans des stocks d'anciens produits et matériaux traités des particuliers.

Résumé des origines possibles du pentachlorophénol dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :**03 Déchets de la transformation du bois et de la production de panneaux, meubles, pâte à papier, papier et carton****Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**

03 02 Déchets des produits de protection du bois

03 02 02* composés organochlorés de protection du bois

07 Déchets des procédés de la chimie organique**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base

07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques

07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 07 Déchets de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs

07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**

- 17 02 Bois, verre et matières plastiques
- 17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.
- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
- 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (dont déchromatation, décyanuration, neutralisation)
- 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 12 Déchets du traitement mécanique des déchets (ex, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
- 19 12 06* bois contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 13* solvants
 - 20 01 19* pesticides
 - 20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (INERIS, 2011)**Prélèvements et conditionnement**

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons ambrés serties préalablement rincés avec l'eau à échantillonner et remplis à ras bord. L'emploi de flacon en verre ou en acier inoxydable est fortement conseillé.

L'échantillon doit être extrait de préférence dans les deux jours suivant le prélèvement (risques de dégradation). Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse.

Les brusques variations de température doivent être évitées. Les échantillons doivent être transportés et maintenus à 4°C à l'obscurité jusqu'à l'analyse.

En présence d'halogènes libres, ajouter quelques cristaux de thiosulfate pentahydraté, ou 0,1 ml d'une solution de thiosulfate à 10 % (m/m) pour 125 ml d'échantillon. Pour tout autre composé susceptible d'interférer, il est conseillé de ne pas ajouter d'autre agent de conservation.

Extraction / préparation

L'échantillon d'eau peut être plus ou moins chargé en polluants. Dans tous les cas, ajouter un étalon interne à l'échantillon d'eau.

Dans le cas où l'eau est chargée en polluants : procéder à une partition acide/base avant l'étape de dérivation, extraire par du toluène à un pH acide d'environ 4 et laver l'extrait avec une solution aqueuse alcaline. Cette solution aqueuse alcaline fait ensuite l'objet de la dérivation par acétylation, puis d'une extraction des composés acétylés par de l'hexane.

Dans le cas où l'eau est peu chargée en polluants : l'eau est neutralisée avant de réaliser l'acétylation et les dérivés acétylés sont ensuite extraits par de l'hexane.

Dosage

L'échantillon se retrouve sous forme d'extrait.

Le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse, puis dans un deuxième temps par détection et dosage avec un détecteur spécifique à la capture d'électrons (ECD).

EAUX (AQUAREF, 2010)**Paramètres à déterminer au préalable :** matières en suspension, halogènes libres**Prélèvements et conditionnement**

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Éviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoir, louche, etc...) pour le remplissage des flacons

Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastique peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner)

Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire

Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement

Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement (afin d'éviter les contaminations croisées)

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Flacons destinés à l'analyse

Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage au solvant)

Bouchons en verre ou bouchons en plastique contenant une capsule en polymères fluorés prétraitée (rinçage acétone) ou une feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8h)

Bannir bouchons et flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non-relargage de chlorophénols

Préparation / transport

Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette-test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/l), ajouter 80 mg de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (NF EN ISO 5667-3 ; 2003) pour 1000 ml d'échantillon dans le récipient avant prélèvement

Remplir le flacon à ras bord

Transporter dans une enceinte réfrigérée à $5 \pm 3^\circ\text{C}$ sous un délai de 24h

Prétraitement au laboratoire

Mesurer le taux de matières en suspension dans les 48h, afin de sélectionner les normes d'analyse adéquates et/ou travailler sur les 2 phases (filtrer sur filtre en microfibre de verre préalablement conditionné à 105°C et se rapprocher des normes sur les sédiments pour le traitement de la phase particulière)

Des blancs de verrerie doivent être réalisés

Prétraitement (les eaux prélevées sont considérées comme des eaux propres) :

- ✓ Neutraliser 50 ml d'échantillon ou une aliquote diluée à 50 ml :
 - soit avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 mol/l pour avoir un $\text{pH}=7$ (si la solution est acide)
 - soit avec une solution d'acide phosphorique à 0,5 mol/l pour avoir un $\text{pH}=10$ (si la solution est alcaline)
- ✓ Ajouter l'étalon interne

Stockage & conservation

Stockage à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ à l'abri de la lumière (si l'échantillon est analysé dans les 24h, le refroidissement suffit comme conservation).

Dosage

Avec les méthodes par chromatographie en phase gazeuse/spectromètre de masse (GC/MS), le niveau NQE/3 est difficilement atteignable

Avec les méthodes par chromatographie en phase gazeuse/détecteur à capture d'électrons (GC/ECD), le niveau NQE/3 est atteignable

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES

Norme NF EN 12673 : Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie en phase gazeuse de certains chlorophénols dans les eaux. (mars 1999)

Domaine d'application : Cette norme européenne décrit le dosage par chromatographie en phase gazeuse de 19 chlorophénols, dont le pentachlorophénol, dans les eaux. La méthode a fait l'objet d'une validation dans les eaux de boisson, les eaux de surface et les eaux résiduaires. Mais elle peut également être appliquée à l'analyse des eaux souterraines, des eaux de pluie et des eaux de mer. La gamme de concentrations couverte s'étend de 0,1 $\mu\text{g/l}$ à 1 mg/l.

Principe : Pour les eaux faiblement polluées, les chlorophénols sont acétylés directement par ajout d'anhydride acétique, puis les dérivés sont extraits à l'hexane et analysés par CPG/ECD avec une double séparation sur deux colonnes de polarités différentes ou par CPG/SM (acquisition du spectre complet ou sur les ions spécifiques). Pour les eaux davantage polluées, préalablement à la dérivation, l'échantillon est purifié par partition acide/base. Le dosage se fait par étalonnage interne, les étalons utilisés étant les 2,4- et 2,6-dibromophénols ainsi que les 2,3,6- et 2,4,6-tribromophénols. En CPG/SM, il est possible d'utiliser les composés marqués au carbone 13 ou au deutérium comme étalons internes.

Acétylation-Extraction :

- ✓ Ajouter 5 ml de carbonate de sodium à 1 mol/l à l'échantillon neutralisé
- ✓ Ajouter 1 ml d'anhydride acétique, agiter et laisser reposer
- ✓ Ajouter 5 ml d'hexane, boucher, agiter et laisser les phases se séparer
- ✓ Eliminer la phase aqueuse et sécher la phase hexane sur du sulfate de sodium anhydre ou par congélation
- ✓ Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse
- ✓ La verrerie utilisée au laboratoire doit être ambrée pour éviter les phénomènes de dégradation
- ✓ Remise à température ambiante en vue de l'analyse

Dosage : Analyse par chromatographie en phase gazeuse / détection par capture d'électrons (GC/ECD) ou chromatographie en phase gazeuse / spectromètre de masse (GC/MS)

Sensibilité : Cette méthode est la plus sensible pour le pentachlorophénol (degré de chloration maximal) et permet d'atteindre la gamme de concentration de 0,1 $\mu\text{g/l}$ à 1 $\mu\text{g/l}$ environ, selon les matrices et les campagnes d'analyses (AQUAREF, 2010).

Interférences : Les tensioactifs, les émulsifiants ou les concentrations élevées de solvants polaires (acétone, méthanol) peuvent affecter l'étape d'extraction. De même, les particules en suspension dans l'eau peuvent perturber l'efficacité de l'extraction. La présence dans l'eau d'une deuxième phase liquide (huiles minérales par exemple) perturbe l'échantillonnage et l'extraction. Dans ce cas, seule la phase aqueuse doit être analysée et la portion de phase non aqueuse est mentionnée dans le rapport d'essai.

Incertitude usuelle : selon les méthodes de dosage et selon les matrices, Aquaref a caractérisé des incertitudes allant de :

- 10% (pour une analyse GC/ECD dans de l'eau d'Evian à 1,2 $\mu\text{g/l}$) à
- 20% (pour une analyse GC/ECD dans de l'eau d'Evian à 0,25 $\mu\text{g/l}$), et jusqu'à
- 130% (pour une analyse GC/ECD ou GC/MS dans une eau naturelle à 0,191 $\mu\text{g/l}$)

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution**

Si des produits de substitution au pentachlorophénol sont recommandés, ils ne sont pas toujours aussi efficaces, et leurs impacts sur l'environnement sont en général non négligeables. Progressivement, dans les déchets des industries suivantes, ou dans les produits en fin de vie, on devrait trouver les molécules ci-dessous :

Industrie du bois : Hormis le séchage dans un four tel qu'il est pratiqué dans les pays nordiques, les produits de substitution actuels n'offrent pas de performances comparables et ont aussi des effets néfastes sur l'environnement : (INERIS, 2005)

- la crésote est source de HAP, notamment de naphthalène, de phénanthrène, d'anthracène, substances dangereuses prioritaires de la Directive Cadre Eau
- la dichlofluamide, classée très toxique pour les organismes aquatiques
- le propiconazole, classé très toxique pour les organismes aquatiques (R50-53)
- l'isothiazolone, classé très toxique pour les organismes aquatiques (R50-53)

Traitement du cuir : le p-chlorométacrésol et les thiobenzothiazoles
Ces produits sont fortement toxiques (INERIS, 2005)

Tannerie et textiles : l'o-phénylphénol et le 4-chloro-3-méthylphénol
Ces produits de substitution au pentachlorophénol dans les activités de tannerie et de traitement des textiles sont classés R50 (très toxiques pour les organismes aquatiques). (INERIS, 2005)

Amélioration des process

L'OSPAR recommande la couverture et l'imperméabilisation des zones de stockage et de traitement des bois traités au pentachlorophénol (INERIS, 2005)

Traitement par adsorption

En traitement de première intention, il existe de nombreuses méthodes d'adsorption pour éliminer le pentachlorophénol des rejets des industries concernées par le traitement du bois : le charbon actif, la filtration sur membranes... (HSDB, 2011)

Traitement par oxydation

Il existe plusieurs types de traitements par oxydation pour éliminer le pentachlorophénol des rejets des industries concernées par le traitement du bois : l'oxydation au chlore, le peroxyde d'hydrogène et l'ozone. (HSDB, 2011)

Traitement biologique

Le traitement biologique est le principal traitement de finition pour le pentachlorophénol. (HSDB, 2011)
Dans les traitements biologiques, on estime la réduction de la concentration en pentachlorophénol est essentiellement due à l'adsorption du composé sur la biomasse plutôt qu'à sa dégradation effective. (HSDB, 2011)

Traitement par les stations d'épurations urbaines

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)
Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du pentachlorophénol passe de 30% en entrée de STEP à 15% en sortie de STEP. Cette campagne a permis de constater que le taux d'élimination du pentachlorophénol dans le rejet des STEP avec traitement biologique était de l'ordre de 20% alors qu'il était quasiment nul pour les traitements physico-chimiques.

REFERENCES

Ag S-N Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie [Rapport] = Guide des substances toxiques / Agence de l'eau Seine-Normandie. - 2008. - p. 271 pages. - téléchargeable à : <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5327>. - ISBN 978-2-9523536-2-5.

Anachemia Pentachlorophénol - Fiche signalétique [En ligne] = Fiche de données de sécurité // Anachemia Science on line. - VWR, octobre 2010. - <http://www.anachemia.com/msds/french/7047tf.pdf>. - Anachemia est une division de VWR International (spécialiste de la distribution de produits chimiques dans le monde).

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_general_e_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Pentachlorophénol [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - <http://www.aquaref.fr>. - mise à jour du 27/09/1010.

Bertrand-Krajewski J-L. 2ème conférence Eau et Santé - Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 9 octobre 2008 - Villeurbanne. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

CGDD Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux - période 2007-2009 [Rapport] = Annexes partie 2 - Micropolluants hors pesticides : Collection Etudes & Documents / Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement ; Commissariat Général au Développement Durable. - 2011. - p. 136 pages. - accessible sur internet : www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

HSDB Hazardous Substances Data Bank- Pentachlorophenol [En ligne] // Toxnet. - 2011. - 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~cphXro:1>.

ILO Hydrocarbures aromatiques halogénés [En ligne] // ILO - Organisation Mondiale du travail. - 2011. - 2011. - http://www.ilo.org/safework_bookshelf/french?content&nd=857171274. - SafeWork Bookshelf.

INERIS 2,4,6-trichlorophénol [En ligne] // Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. - INERIS, 2005-b. - Version 1 (2 juin 2005). - 34 pages. - INERIS-DRC-01-25590 01DR034.doc.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS Pentachlorophénol - Données technicoéconomiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/>. - 14 pages.

INERIS Pentachlorophénol - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. - 62 pages.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BL.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INRS Pentachlorophénol et sel de sodium - Fiche toxicologique [En ligne] = FT n°11 // INRS - Santé et sécurité au travail. - 1997. - <http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/doc/fichetox.html?refINRS=FT%2011>.

Jourdain M.-J. et Charissou A.-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Pentachlorophenol [En ligne] // Chemical Formula / éd. Chemistry Chemical. - <http://fr.chemical5.com/search/pentachlorophenol>. - Site donnant accès à toutes les molécules enregistrées, à leur fiches de données de sécurité et aux formules développées.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

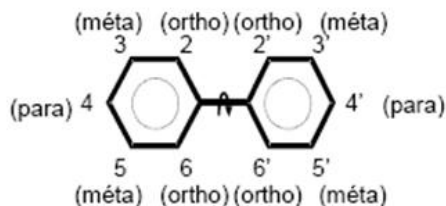
TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

POLYCHLOROBIPHENYLES

DESCRIPTIF**Formule semi-développée :**

$$C_{12}H_{10-n}Cl_n \text{ avec } n=1 \text{ à } 10$$
N° CAS

PCB (dont PCT) : 1336-36-3
(Circ 2007-23 NQE)

Formule développée

Familles :
POPs

Le terme "PCB" est l'acronyme de "Poly Chloro Biphényles" ; il désigne une famille de composés organochlorés de hauts poids moléculaire (de 189 pour les monochlorobiphényles à 499 pour le décachlorobiphényle) formés de deux atomes de benzène substitués par des atomes de chlore.

Leur structure générale correspond à celle du diphenyle $C_6H_5-C_6H_5$ substitué par un à 10 atomes de chlore³⁴.

Il existe 209 façons différentes pour que 1 à 10 atomes de chlore se placent sur les 10 positions possibles, de type "ortho", "méta" ou "para". Il existe donc en théorie 209 congénères ayant une formule moléculaire de type $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$, où $n = 1$ à 10. Cependant, une centaine seulement (50 à 130 selon les sources bibliographiques) se retrouvent dans les mélanges qui ont été fabriqués industriellement.

Toutes les molécules ayant le même degré de chloration sont appelées **homologues**. Les 209 congénères peuvent ainsi être regroupés en 10 séries d'homologues composés d'isomères (de mono chlorobiphényle à nonachlorobiphényle) : 9 groupes d'isomères de 1 à 9 atomes de chlore et du décachlorobiphényle. Au sein d'une même série, un congénère est identifié par la position des atomes de chlore sur chacun de ses noyaux phéniliques.

La classification des PCB tient compte du nombre d'atomes de chlore de chaque molécule et de leur position.

³⁴ On notera que pour la réglementation sur les déchets, l'abréviation "PCB" (polychlorobiphényles) inclut explicitement non seulement les PCB au sens strict (y compris les monochlorobiphényles), mais également les produits qui ont été utilisés en substitution des PCB dans le cadre des appareils électriques dont les transformateurs. Ces produits de substitution sont les suivants : les polychloroterphényles (PCT), le monométhyl-tétrachloro-diphényle-méthane (Ugilec 141), le monométhyl-dichloro-diphényl-méthane (Ugilec 121), le monométhyl-dibromo-diphényl-méthane (DBBT), ainsi que tout mélange dont la teneur cumulée en ces substances est supérieure à 50 ppm (arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage des déchets dangereux). **Dans le présent document, seuls les polychlorobiphényles (dont les mono) seront traités.**

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : de 189 à 499 en fonction du degré de chloration

Solubilité dans l'eau : elle diminue avec l'augmentation du nombre d'atomes de chlore de 6 mg/l à 0,2 µg/l

Pression de vapeur : relativement faible, elle diminue avec l'augmentation du nombre d'atomes de chlore

Temps de ½ vie dans le sol : très persistant

Temps de ½ vie dans l'eau : très persistant

Constante de Henry : $atm \cdot m^3/mol$ à 25

Log Kow : il augmente avec le niveau de chloration : de 4,7 pour les monochlorobiphényles à 8,3 pour le décachlorobiphényle

Koc : il augmente avec le degré de chloration il varie de 4,40 pour le PCB 1, à 7,27 pour le PCB 209

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

- Une référence rapporte que les biphenyles chlorés peuvent exploser en réagissant avec le chlore liquide (Leleu, et al., 2004)
- Facilement adsorbable sur les particules et la matière organique (INERIS, 2006)
- Comportement dans les sols : voir INERIS 2006 p 55

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures **NQE-MA**³⁵ : absence de données (Dir. 2008/105/CE)
NQE³⁶ : (Circ. 2007-23)³⁷ : 0,01 µg/l

LQ circ 05/01/09 = 0,01 µg/l

Note : NQE / LQ limite

PNEC eau douce : - -

³⁵ **NQE-MA** = valeur moyenne annuelle - **NQE-CMA** = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)

³⁶ http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf

³⁷ NQE : "Norme de qualité provisoire" à retenir pour les substances pertinentes de la liste II hors métaux (liste des 99 substances) issue de l'arrêté du 20 avril 2005 modifié pris en application du décret du 20/04/05 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses

Occurrence des PCB dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Somme des flux moyens formatés³⁸ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) :

PCB 28 : 0,04 g/j (5 sites - 21 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

PCB-52 : 0,02 g/j (5 sites - 21 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

PCB-101 : 0,01 g/j (6 sites - 26 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

PCB-118 : 0 g/j (4 sites - 16 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

PCB-138 : 0 g/j (4 sites - 16 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

PCB-153 : 0,03 g/j (17 sites - 88 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

PCB-180 : 0 g/j (4 sites - 16 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180 ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

Substances d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, **les PCB ne peuvent pas être considérés comme substances d'intérêt pour le secteur 3 des industries du déchet.**

Traitabilité³⁹:

Adsorption par charbon actif -Coagulation : Le taux d'élimination dans les eaux usées, du PCB sous influence de la coagulation est compris entre 30 et 40%.

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité (nécessite l'apport de catalyseur pour les PCB). Amélioration du procédé possible si utilisation de technologie en conditions supercritiques.

Traitement par l'ozone : Les POA photochimique tel que la photocatalyse (par TiO₂) ont permis la dégradation de contamination telles que les PCB

³⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

³⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/CE** du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁴⁰ :
 - Les PCB sont listés dans l'Annexe III "Substances soumises à révision pour leur possible identification comme substance prioritaire ou comme substance dangereuse prioritaire".
 - Pas de NQE établie
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**
 - Annexe A de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"⁴¹
 - Annexe C : "Production non-intentionnelle" ; des mesures doivent être prises pour limiter les émissions non intentionnelles avec pour objectif l'élimination totale de ces substances
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁴²
 - Annexe 1 : les PCB font partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,01 µg/l
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
STOT RE 2	H373	Risque présumé d'effets graves à la suite d'expositions répétées ou d'exposition prolongée
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁴³
 - Les PCB font partie de l'annexe A des substances à éliminer
 - Aucune dérogation pour la production
 - Dérogation à l'utilisation pour les articles en circulation, conformément aux dispositions de la deuxième partie de l'annexe.
 - Annexe C : Les PCB sont signalés comme étant des molécules produites non intentionnellement par des procédés thermiques, des combustions incomplètes ou des réactions chimiques. Ces différentes conditions sont listées dans le texte. Des mesures doivent être prises pour limiter les émissions non intentionnelles avec pour objectif l'élimination totale de ces substances

⁴⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁴¹ <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/ListingPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

⁴² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁴³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau pour les PCB : 0,1 kg/an⁴⁴ (seule précision : n°CAS 1336-36-3)
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁴⁵:
 - Les PCB ne sont pas concernés
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation (ECHA) :**
 - Les PCB ne font pas partie de la liste de substances candidates pour être SVHC⁴⁶

NEOFORMATION

Les polychlorobiphényles sont produits et rejetés involontairement lors de procédés thermiques faisant intervenir des matières organiques et du chlore, du fait d'une combustion incomplète ou de réactions chimiques. Les différentes sources industrielles suivantes ont un potentiel relativement élevé de production et de rejet de PCB dans l'environnement⁴⁷ :

- Les incinérateurs de déchets, y compris les co-incinérateurs de déchets municipaux, dangereux ou médicaux, ou de boues d'épuration ;
- Le brûlage de déchets dangereux dans des fours en ciment ;
- La production de pâte utilisant le chlore élémentaire, ou des substances chimiques générant du chlore élémentaire, pour le blanchiment ;
- Les procédés thermiques suivants dans l'industrie métallurgique : Production secondaire de cuivre ; Installations de frittage de la métallurgie ; production secondaire d'aluminium ; production secondaire de zinc.

Les polychlorobiphényles peuvent également être produits et rejetés involontairement par les catégories de sources suivantes, notamment :

- La combustion à ciel ouvert de déchets, y compris dans les décharges ;
- Les procédés thermiques de l'industrie métallurgique autres que ceux mentionnés plus haut ;
- Les sources de combustion résidentielles ;
- La combustion de combustibles fossiles dans les chaudières de centrale et les chaudières industrielles ;
- Les installations de brûlage de bois et de combustibles issus de la biomasse ;
- Les procédés spécifiques de production de substances chimiques entraînant des rejets de polluants organiques persistants produits involontairement, notamment la production de chlorophénols et de chloranile ;
- Les fours crémateurs ;
- Les véhicules à moteur, en particulier ceux utilisant de l'essence au plomb ;
- La destruction de carcasses d'animaux ;
- La teinture des textiles ou du cuir (au chloranile) et la finition (extraction alcaline) ;
- Les installations de broyage des épaves de véhicules ;
- Le chauffage lent de câbles en cuivre ;
- Les raffineries d'huiles usées.

Les déchets de ces activités pourront donc être contaminés par les polychlorobiphényles.

Selon Laurence Perrier qui cite Robbat, 1988, il est montré que des PCB sont produits involontairement et en proportions différentes durant la combustion de déchets chlorés dans les incinérateurs ou durant la synthèse de colorants, de paraffines chlorées ou de résines phénoliques.

⁴⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2_250_190_28_8_1129#Annexe_II

⁴⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:L:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁴⁶ http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf

⁴⁷ Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants

UTILISATION

Synthèse / Production

Les PCB ne sont plus fabriqués intentionnellement depuis les années 1980. Les appellations génériques et commerciales des PCB (ex : Arochlor) étaient complétées d'indices précisant le degré de chloration du mélange et par le fait, sa destination ou son utilisation. Dans la notation, le premier nombre (12) indique le nombre d'atomes de carbone, et le nombre suivant indique le pourcentage pondéral de chlore dans le mélange (par exemple 21% pour l'Arochlor 1221).

La nomenclature des PCB est directement liée à leurs conditions de fabrication, et en particulier au niveau de chloration

Découverts en 1881 par Schmidt et Schulz, les PCB ont été synthétisés industriellement depuis 1929. En France, ils ne sont plus fabriqués depuis 1984. La fabrication se déroulait en trois étapes : synthèse du biphenyle par condensation du benzène à haute température (700 à 800°C) sous l'action catalytique de métaux (fer), chloration du biphenyle et finition.

Les PCB fabriqués ne pouvaient être que des mélanges obtenus, par chloration progressive de biphenyles, jusqu'à atteindre une viscosité correspondant à un pourcentage cible de chlore moyen (en masse), d'où, par exemple, l'appellation "Arochlor 1260" pour un mélange chloré à 60% en masse. Du fait du procédé, les lots de fabrication pouvaient légèrement différer les uns des autres, ce qui explique que pour la même appellation, les "profils" de congénères n'étaient que grossièrement homogènes. Vuarchex précise qu'il s'agissait de mélanges complexes composés principalement de tri-, tétra-, penta- et hexachlorobiphényles.

Les PCB commercialisés étaient parfois moins complexes car ils pouvaient avoir subi une étape de finition comprenant une distillation et un fractionnement.

La variation du **taux de chlore** permettant d'obtenir des **propriétés physiques particulières**, les produits commerciaux correspondaient à des mélanges complexes de certaines catégories de congénères plus ou moins chlorés... Le pourcentage pondéral de chlore pouvait varier de 21 à 68%. Les mélanges commerciaux les plus utilisés ont contenu approximativement :

- 42 % de chlore, soit en moyenne* 3 atomes de chlore par molécule.
- 54 % de chlore, soit en moyenne* 4 atomes de chlore par molécule.
- 60 % de chlore, soit en moyenne* 6 atomes de chlore par molécule.

* : en fait, ce taux moyen signifie que le mélange contenait plus ou moins de congénères "lourdement chlorés" ou "faiblement chlorés". Ainsi, le mélange "1242" est susceptible de contenir essentiellement des congénères entre 1 et 5 atomes de chlore. Le 1260 est un des seuls mélanges qui contiendra jusqu'au décachloré.

Utilisation générale

Leur inertie chimique et leur ininflammabilité, couplées à leurs bonnes propriétés diélectriques et leur haut point d'ébullition ont conduit à utiliser ces composés comme fluides diélectriques dans les transformateurs et les condensateurs, les fluides caloporteurs ou isolants, et ce jusqu'au début des années 1980. Une huile de PCB peut en effet absorber de rapides changements de champs électriques avec une très faible perte d'énergie par dégagement de chaleur.

Dans les applications autres que diélectriques, les PCB étaient rarement utilisés purs. Ils étaient ajoutés en petites quantités à des encres, matières plastiques, peintures ou papiers carbone, par exemple, ou utilisés dans des formulations à 70% de PCB dans des fluides hydrauliques, fluides pour transformateurs ou fluides thermiques.

Les PCB ont largement été utilisés dans d'innombrables applications à usage industriel ou domestique. D'après différents documents, les principales utilisations industrielles de PCB dans des **systèmes ouverts** ont été les suivantes :

- ✓ matériaux isolants (y compris en mélange avec de l'amiante)
- ✓ papiers, textiles, bois et revêtements
- ✓ lubrifiants et huiles de coupe
- ✓ lubrifiants recyclés (huile de décoffrage par exemple)
- ✓ carburants (additif antifouling des kérosènes pour les avions à réaction)
- ✓ agents caloporteurs et réfrigérants
- ✓ systèmes hydrauliques (circuits fermés ou semi-ouverts), lubrifiants des turbines
- ✓ plastifiant et / ou adhésifs
- ✓ encres, vernis et peintures
- ✓ adhésifs, résines, cires, joints et mastics, imperméabilisation des revêtements muraux
- ✓ mastics mastic pour les canalisations et pipelines (jusqu'en 1977), additif aux mortiers de grande longévité utilisés entre les briques et les dalles de carrelage (entre 1960 et 1972)
- ✓ Coulagés industriels
- ✓ ignifugeant ou retardateur de flamme de matières plastiques, tissus, moquettes, mousses polyuréthanes
- ✓ imperméabilisant et étanchéité (y compris des canalisations, réservoirs, citernes)
- ✓ fils et câbles, petite électricité (condensateurs électriques, ballast de lampes, commutateurs, relais, câbles, électro-aimants, moteurs et autres matériels électriques, starters de néons)
- ✓ phytosanitaire (additifs pour pesticides)
- ✓ matériaux d'usages agricoles
- ✓ revêtement anticorrosion de structures métalliques, d'ouvrages tels que les ponts, les viaducs, les conduites d'eau à haute pression, et autres aménagements hydrauliques
- ✓ agent dépoussiérant (asphalte, filtres, abrasifs)
- ✓ etc.

Les PCB ne sont plus fabriqués en France et doivent être détruits. Leur très grande persistance et leur dispersion dans l'environnement font qu'ils sont encore présents.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Les PCB sont présents dans les déchets qui sont traités dans les industries du secteur 3.

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), pour les sites du secteur 3 dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés :

- ✓ **PCB-28** est de **0,04 g/j**, (5 sites - 21 mesures - 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1** : 3 sites (9 mesures) - Flux : **0,04 g/j**
 - Sous-secteur 3.2** : 1 site (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.3** : 0 site
 - Sous-secteur 3.4** : 1 sites (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.5** : 0 site
- ✓ **PCB-52** est de **0,02 g/j**, (5 sites - 21 mesures - 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1** : 3 sites (9 mesures) - Flux : **0,02 g/j**
 - Sous-secteur 3.2** : 1 site (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.3** : 0 site
 - Sous-secteur 3.4** : 1 sites (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.5** : 0
- ✓ **PCB-101** est de **0,01 g/j**, (6 sites - 26 mesures - 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1** : 3 sites (9 mesures) - Flux : **0,01 g/j**
 - Sous-secteur 3.2** : 1 site (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.3** : 0 site
 - Sous-secteur 3.4** : 1 sites (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.5** : 1 site (5 mesures)
- ✓ **PCB-118** est de **0 g/j**, (4 sites - 16 mesures) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1** : 2 sites (4 mesures)
 - Sous-secteur 3.2** : 1 site (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.3** : 0 site
 - Sous-secteur 3.4** : 1 sites (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.5** : 0 site
- ✓ **PCB-138** est de **0 g/j**, (4 sites - 16 mesures) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1** : 2 sites (4 mesures)
 - Sous-secteur 3.2** : 1 site (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.3** : 0 site
 - Sous-secteur 3.4** : 1 sites (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.5** : 0 site
- ✓ **PCB-153** est de **0,03 g/j**, (17 sites - 88 mesures - 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1** : 5 sites (22 mesures) - Flux : **0,0005 g/j**
 - Sous-secteur 3.2** : 4 site (20 mesures)
 - Sous-secteur 3.3** : 0 site
 - Sous-secteur 3.4** : 1 sites (6 mesures)
 - Sous-secteur 3.5** : 7 sites (40 mesures) - Flux : **0,03 g/j**

- ✓ **PCB-180** est de **0 g/j**, (4 sites - 16 mesures) Les rejets se répartissent de la façon suivante :

Sous-secteur 3.1 : 2 sites (4 mesures)

Sous-secteur 3.2 : 1 site (6 mesures)

Sous-secteur 3.3 : 0 site

Sous-secteur 3.4 : 1 sites (6 mesures)

Sous-secteur 3.5 : 0 site

Note : Les PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180 ne sont analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, **les PCB ne peuvent pas être considérés comme substances d'intérêt pour le secteur 3 des industries du déchet.**

Présence dans l'environnement

L'analyse de la bibliographie particulièrement fournie en la matière fait ressortir deux grandes voies de contamination de l'environnement par les PCB :

- ✓ les pollutions directes liées à des incidents de transformateurs et autres systèmes électriques, qu'ils résultent de mauvaises pratiques, d'accidents ou de malveillance.
- ✓ les pollutions diffuses liées aux transferts des PCB dans les différents compartiments de l'environnement. Contre toute attente, ces molécules pourtant réputées pour leur insolubilité dans l'eau et leur faible tension de vapeur, se sont révélées beaucoup plus mobiles que ce que prévoyaient les modèles mathématiques habituels de dispersion. Ces molécules compensent largement leur insolubilité et leur faible volatilité intrinsèques par leur hydrophobie extrême et leur forte capacité d'adsorption. Parce qu'une molécule de PCB s'adsorbera à n'importe quelle particule qui lui servira de "véhicule", elle atteindra ainsi les compartiments aquatiques et atmosphériques et sera transportée sur de longues distances.

Eau & sédiments

D'une manière générale, la capacité de mobilisation d'un contaminant organique à partir d'un sédiment est d'autant moins grande que l'hydrophobicité et l'affinité avec la matière organique (Koc) du contaminant sont importantes, que le sédiment possède une teneur en matières organiques élevée et une texture fine, et que le temps de contact particule-molécule augmente. Globalement, les constantes de désorption rapide et lente des HAPs, PCBs et chlorobenzènes sont du même ordre de grandeur ($k_{rap}=10^{-1}/h$ et $k_{low}=10^{-3}/h$). Les composés hydrophobes chlorés, se désorbent très lentement et une large part de ces contaminants peut apparaître réfractaire à la désorption. Ces composés étant très faiblement biodégradables, ils peuvent donc persister dans les sédiments, même si les sédiments sont soumis à des processus de remise en suspension/oxydation. La disparition de certains composés de type PCBs peut prendre plusieurs années ou dizaine d'années. (Bonnet, 2010)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles de PCB dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

13 01 Huiles hydrauliques usagées

13 01 01* huiles hydrauliques contenant des PCB (1)

13 03 Huiles isolantes et fluides caloporteurs usagés

13 03 01* huiles isolantes et fluides caloporteurs contenant des PCB

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)

16 01 09* composants contenant des PCB

16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques

16 02 09* transformateurs et accumulateurs contenant des PCB

16 02 10* équipements mis au rebut contenant des PCB ou contaminés par de telles subst. autres que ceux visés à la rubrique 16 02 09

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 09 Autres déchets de construction et de démolition

17 09 02* déchets de construction et de démolition contenant des PCB (par exemple, mastics, sols à base de résines, double vitrage, condensateurs contenant des PCB)

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux

19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des subst. dangereuses

19 10 05* autres fractions contenant des subst. dangereuses

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**12 Déchets de mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques**

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
- 12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- 13 01 Huiles hydrauliques usagées
- 13 01 04* autres huiles hydrauliques chlorées (émulsions)
 - 13 01 09* huiles hydrauliques chlorées à base minérale
- 13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées
- 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
- 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
- 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
- 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 01 papier et carton
 - 20 01 26* huiles et matières grasses autres que celles de la rubrique 20 01 25

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**DOSAGE DANS LES EAUX DOUCES PAR BIOCAPTEURS A RECEPTEURS OESTROGENIQUES**
(Lagarde, et al., 2010)

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui entraînent des dérèglements hormonaux et des anomalies du système endocrinien, voire du système nerveux. Certains agissent sur la synthèse des hormones endogènes ou de leurs récepteurs. D'autres possèdent une structure voisine des œstrogènes et se lient à leurs récepteurs, conduisant à l'inactivation ou à un fonctionnement anormal de ces derniers.

Un grand nombre de molécules possèdent de tels effets, comme les hormones de synthèse ou des substances chimiques comme les phtalates, les surfactants, les PCB, les alkylphénols, les parabènes, les HAP, les dioxines et certains pesticides. À ce jour, 320 substances prioritaires susceptibles de perturber le système endocrinien ont été répertoriées par l'Union européenne. Certaines d'entre elles (nonylphénol, di-2-éthylhexylphtalate et les éthers diphenyl-polybromés) ont été incluses dans la liste des substances prioritaires de la Directive-cadre sur l'eau. Une revue récente a été consacrée à l'utilisation des biocapteurs pour le suivi environnemental des perturbateurs endocriniens.

Les biocapteurs de toxicité exploitent les capacités de fixation de ces substances sur des récepteurs œstrogéniques immobilisés à la surface d'un transducteur. Le récepteur œstrogénique d'origine humaine est le plus souvent utilisé. Différents modes de transduction comme la fluorescence, la voltamétrie cyclique, la SPR, la mobilité électrophorétique, ont été proposés. Des systèmes portables, essentiellement basés sur une détection par SPR ont par ailleurs été développés. Récemment, un biocapteur comportant des nanotubes de carbones fonctionnalisés avec le récepteur œstrogénique humain de type α et utilisant un transistor à effet de champ comme transducteur a été proposé. Le temps de réponse est extrêmement rapide (2 min).

EAUX**Prélèvements et conditionnement**

Collecte d'un échantillon représentatif dans un contenant en verre

Les prélèvements sont réalisés de manière extemporanée ou à l'aide d'un préleveur séquentiel.

Les échantillons sont conditionnés dans des flacons en verre ambré dont le bouchon est muni d'un joint en TEFLON®. Ces flacons doivent être nettoyés selon un protocole propre à éliminer toute trace de composés organiques avant de réaliser les prélèvements. Lorsque la présence de chlore libre est suspectée, procéder à la stabilisation du prélèvement en ajoutant 0,008 % de thiosulfate de sodium à chaque flacon. Conserver ensuite au froid à + 4 C maximum.

Les échantillons doivent être engagés en analyse rapidement après le prélèvement.

Extraction / préparation**Par extraction liquide/liquide :**

L'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général l'hexane, l'heptane ou l'éther de pétrole ou le dichlorométhane. Ce dernier solvant induit une étape de changement de solvant avant l'analyse.

Une purification peut s'avérer nécessaire : elle est réalisée par percolation sur une colonne remplie d'un support adapté à l'élimination des composés que l'on souhaite retirer :

- Sur colonne alumine/nitrate d'argent pour éliminer les composés polaires,
- Sur colonne de gel de silice ou par perméation de gel pour séparer les PCB et les phtalates.

Par SPE (Solid Phase Extraction) :

Une aliquote du prélèvement traverse par percolation une colonne remplie d'un support propre à fixer le PCB, par exemple du FLORISIL®, puis on procède à leur élution à l'aide d'un solvant ou d'un mélange de solvants.

La vérification du rendement de cette opération est impérative.

Dosage

Le dosage de l'extrait purifié est effectué par chromatographie en phase gazeuse. Les détecteurs adaptés sont :

- le détecteur à capture d'électrons,
- le spectromètre de masse.

Dans le cas de l'utilisation d'un détecteur à capture d'électrons, la confirmation de l'identité des PCB peut être soumise à l'utilisation d'un système dit « à double colonne », comportant deux colonnes de polarité différente et deux détecteurs identiques reliés par un diviseur au même port d'injection.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX**EN ISO 5667 - 3 (1991) – Qualité de l'eau : échantillonnage – partie 2 : guide général sur les techniques d'échantillonnage - § 6.2.3 et 6.3.1.****Domaine d'application**

Les directives générales sur les précautions à prendre pour échantillonner des eaux sont particulièrement applicables aux prélèvements destinés au contrôle de la qualité des eaux et à ceux destinés à la caractérisation d'une pollution.

Principe

L'utilisation de flacons en verre est recommandée. Les bouchons doivent être en PTFE ou en verre. Les machines et matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire de contaminant.

Interférences

- ✓ Les phtalates qui pourraient être introduits par l'emploi de flacons en matière plastique sont générateurs d'interférences analytiques.

NF EN ISO 6468 (1997) – Qualité de l'eau – Dosage de certains insecticides organochlorés, des polychlorobiphényles et des chlorobenzènes.**Domaine d'application**

La méthode est applicable aux eaux ne contenant pas plus de 0,05 g/L de matières en suspension. La limite de détection se situe entre 1 et 50 ng/L suivant le congénère considéré.

Principe

Une extraction liquide/liquide est réalisée à l'aide d'un solvant, hexane, heptane ou éther de pétrole. Il est recommandé d'effectuer l'extraction dans le récipient d'échantillonnage, par agitation dudit flacon ou à l'aide d'un barreau magnétique.

L'extraction étant peu sélective, il peut s'avérer nécessaire, lorsque l'on traite des échantillons chargés, de procéder à une purification destinée à éliminer les substances indésirables co-extraites afin de minimiser les interférences. Cette purification pourra être effectuée par percolation de l'extrait :

- sur colonne alumine/nitrate d'argent pour éliminer les composés polaires,
- sur colonne de gel de silice pour séparer les pesticides et les phtalates.

L'extrait purifié est ensuite concentré et analysé par chromatographie en phase gazeuse équipé d'un détecteur à capture d'électrons ECD. Dans tous les cas, il convient de réaliser un essai à blanc sur de l'eau pure et de déterminer le rendement d'extraction / purification.

Interférences

- ✓ Les PCB sont en général présents en très faibles quantités dans les eaux : une des principales sources d'interférences est la contamination en cours d'extraction. Les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités : il est important d'éviter tout contact de l'échantillon avec des récipients ou des objets en matière plastique.
- ✓ Il convient également de confirmer la présence de PCB, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 8080A (1994) : Pesticides organochlorés et PCB par chromatographie en phase gazeuse.**Domaine d'application**

La méthode EPA 8080 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides. La limite de quantification, déterminée sur un seul mélange et dépendante de la matrice, va de 0,07 µg/L sur les eaux de surface à 700 µg/kg sur les sols très contaminés.

Principe

L'extraction est en général réalisée au solvant, à pH neutre sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène :

- EPA METHOD 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule,
- EPA METHOD 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu

Elle est généralement suivie d'une purification sur colonne de FLORISIL® (EPA METHOD 3620) ou de gel de silice (EPA METHOD 3630).

On procède ensuite à un changement de solvant par évaporation pour remplacer le chlorure de méthylène par l'hexane, puis les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne remplie, avec détection ECD et/ou SM. La quantification est réalisée sur la somme des congénères (dosage « en profil »), en employant une substance de référence de composition la plus voisine possible du mélange à doser.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaires et pollution croisée avec d'autres échantillons lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités.
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence des PCB, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 8081 (1994) : Pesticides organochlorés et PCB par chromatographie en phase gazeuse : technique de la colonne capillaire.**Domaine d'application**

La méthode EPA 8081 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides. La limite de quantification, dépendante de la matrice, va de 0,054 à 0,9 µg/L suivant les mélanges considérés sur les eaux de surface, et 0,57 à 70 µg/kg sur les sols.

Principe

L'extraction est en général réalisée au solvant, à pH neutre sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène :

- EPA METHOD 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule,
- EPA METHOD 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu,

Elle est généralement suivie d'une purification par lavage de l'extrait avec un mélange acide sulfurique/permanganate (EPA METHOD 3665), suivi d'un fractionnement sur colonne d'alumine (EPA METHOD 3610), de FLORISIL® (EPA METHOD 3620) ou de gel de silice (EPA METHOD 3630).

On procède ensuite à un changement de solvant par évaporation pour remplacer le chlorure de méthylène par l'hexane, puis les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire ou « wide-bore », avec détection ECD et/ou SM. La méthode décrit l'option « double-colonne » pour l'identification des composés, dans laquelle deux colonnes de polarité différentes sont couplées au même injecteur.

La quantification est réalisée sur la somme des congénères (dosage « en profil »), en employant une substance de référence de composition la plus voisine possible du mélange à doser.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaires et pollutions croisées avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités. Ils peuvent être éliminés par purification par perméation de gel (méthode EPA 3640) ou par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).

- ✓ La présence de composés soufrés dans les échantillons analytiques conduit à une interférence : il convient de les éliminer en utilisant la méthode EPA 3660 (élution fractionnée sur colonne de gel de silice).
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence de PCB, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 8082 (1996) : PCB par chromatographie en phase gazeuse.**Domaine d'application**

La méthode EPA 8082 est utilisée pour déterminer une liste de 19 congénères et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides. La limite de quantification, dépendante de la matrice, va de 0,054 à 0,9 µg/L suivant les mélanges considérés sur les eaux de surface et de 0,57 à 70 µg/kg sur les sols.

Principe

L'extraction est en général réalisée au solvant, à pH neutre sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène :

- EPA METHOD 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule,
- EPA METHOD 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu,

Elle est généralement suivie d'une purification par lavage de l'extrait avec un mélange acide sulfurique/permanganate (EPA METHOD 3665), suivi d'un fractionnement sur de gel de silice (EPA METHOD 3630).

On procède ensuite à un changement de solvant par évaporation pour remplacer le chlorure de méthylène par l'hexane, puis les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire ou « wide-bore », avec détection ECD et/ou SM.

La méthode décrit l'option « double-colonne » pour l'identification des composés, dans laquelle deux colonnes de polarités différentes sont couplées au même injecteur.

La quantification est réalisée :

- ✓ Soit sur la somme des congénères (dosage « en profil »), en employant une substance de référence de composition la plus voisine possible du mélange à doser,
- ✓ Soit sur chaque congénère individuellement, en employant comme substances de référence des solutions de chaque congénère préparées individuellement. L'utilisation d'un étalon interne est nécessaire pour la quantification en congénères.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités. Ils peuvent être éliminés par purification par perméation de gel (méthode EPA 3640) ou par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).
- ✓ La présence de composés soufrés dans les échantillons analytiques conduit à une interférence : il convient de les éliminer en utilisant la méthode EPA 3660 (élution fractionnée sur colonne de gel de silice).
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence des PCB, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 8270D (1998) : composés organiques semi-volatils par GC/MS.**Domaine d'application**

La méthode EPA 8270 est utilisée pour déterminer une liste de composés organiques semi- volatils, dont les PCB, dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides, sols, déchets et supports de prélèvement d'air. Aucune limite de quantification dans aucune matrice n'est indiquée pour les PCB. Une estimation de limite de quantification est indiquée : 600 µg/kg pour les sols et les sédiments, 10 µg/L pour les eaux de surface.

Principe

L'extraction est en général réalisée au solvant, à pH neutre sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène :

- EPA METHOD 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule,
- EPA METHOD 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu,
- EPA METHOD 3535 : extraction sur phase solide ou SPE,

Elle est généralement suivie d'une purification par lavage de l'extrait avec un mélange acide sulfurique/permanganate (EPA METHOD 3665), suivi d'un fractionnement sur colonne d'alumine (EPA METHOD 3610) ou sur colonne de FLORISIL® (EPA METHOD 3620) ou de gel de silice (EPA METHOD 3630).

Les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire, avec détection SM. L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leur spectre de masse en impact électronique avec celui de composés de référence ; la quantification est réalisée en comparant la réponse du pic de plus grande intensité avec celui d'une solution étalon. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

La quantification est réalisée sur la somme des congénères (dosage « en profil »), en employant une substance de référence Aroclor® de composition la plus voisine possible du mélange à doser.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaires et pollutions croisées avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Ils peuvent être éliminés par purification par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).

EPA METHOD 8250 (1998) : composés organiques semi-volatils par GC/MS.

Identique à la méthode EPA 8270, utilisant des colonnes remplies au lieu des colonnes capillaires pour la séparation analytique.

EPA METHOD 608 : pesticides organochlorés et PCB (Méthodes pour l'analyse chimique organique des effluents urbains et industriels – partie 136 - annexe A).

La méthode EPA 608 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés, et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles.

La limite de détection est de 4 ng/L.

Principe

Un litre d'eau est extrait en ampoule par du chlorure de méthylène (2 x 60 mL). On remplace ensuite ce solvant par de l'hexane, et l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur ECD. L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leur temps de rétention avec celui de composés de référence ; la quantification est réalisée en comparant la réponse du pic correspondant au temps de rétention des différents congénères avec ceux d'une solution étalon réalisée à partir du mélange Aroclor® de composition la plus proche du

mélange contenu dans l'échantillon. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Ils peuvent être éliminés par purification par élution fractionnée sur colonne de FLORISIL® : les composés présents dans l'extrait sont fixés sur la colonne, et le lindane est élué à l'aide d'un mélange éther éthylique/hexane (6 : 94).
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence de PCB, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 617 : détermination des pesticides organochlorés et PCB dans les effluents urbains et industriels.

Analogue à la méthode EPA 608 : le solvant d'extraction est ici un mélange chlorure de méthylène/hexane (15 : 85).

EPA METHOD 508 : détermination des pesticides organochlorés et PCB dans les eaux par chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur à capture d'électrons.

Analogue à la méthode EPA 608 : le solvant de substitution est le MTBE, les colonnes chromatographiques sont des colonnes capillaires.

EPA METHOD 505 : détermination des pesticides organochlorés et PCB commerciaux dans les eaux par micro-extraction et chromatographie en phase gazeuse.

Analogue , la méthode EPA 608 : le volume d'échantillon considéré est de 5 mL.

EPA METHOD 625 : composés basiques/neutres et acides (EPA SW-846 révision 3 - 1996) : méthodes d'essais pour l'évaluation des rejets condensés – méthodes physico- chimiques - chapitre 4 : analytes organiques).**Domaine d'application**

La méthode EPA 625 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés, et de 7 mélanges de PCB (composés basiques et neutres) et de 11 phénols et chlorophénols (composés acides) dans des échantillons d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles.

Principe

Un litre d'eau est extrait en ampoule par du chlorure de méthylène de manière séquentielle après différents ajustements de pH. Après concentration, l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse. L'identification des composés est réalisée sur la base de leurs fragments caractéristiques en impact électronique ; la quantification est réalisée en congénères. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. L'usage de l'ionisation chimique est encouragé en plus de la technique de fractionnement par impact électronique.

EPA SW-846 révision 3 (1996) : méthodes d'essais pour l'évaluation des rejets condensés – méthodes physico-chimiques - chapitre 4 : analytes organiques.

Résumé avec liens des méthodes de prélèvements, extraction, purification et analyse préconisées par l'US EPA pour l'analyse de composés organiques dans les matrices environnementales.

Les méthodes détaillées ci-dessus y sont citées.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement par biodégradation dans des biopiles (couplage biodégradation-ventilation)**

Les mécanismes de biodégradation des PCB (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A. (Jourdain, et al., 2007)

Adsorption sur charbon actif

L'US EPA mentionne l'adsorption par charbon actif comme technique de traitement pour l'élimination des PCB. (EPA, 2000)

Coagulation

Le taux d'élimination dans les eaux usées, du PCB sous influence de la coagulation est compris entre 30 et 40%.

Oxydation par voie humide

Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité (nécessite l'apport de catalyseur pour les PCB). Des procédés en conditions supercritique sont actuellement développés pour la minéralisation des déchets liquide dangereux. C'est le cas du procédé d'oxydation hydrothermale supercritique d'Innoeox (développée et brevetée par le CNRS) qui permet de dégradé les PCB. Les sous-produits peuvent être éliminés via des traitements physico-chimiques classiques. (Magazine, 2011).

Traitement par l'ozone

Les POA photochimique tel que la photocatalyse (par TiO₂) ont permis la dégradation de contamination tels que pesticides et PCB (Crini, et al., 2007).

REFERENCES

Bonnet C. Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - p. 149 pages. - Etude n°05-0513/1A.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Magazine Environnement innoveox développe l'oxydation hydrothermale supercritique [Article] // Environnement Magazine. - Novembre 2011. - 1702.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

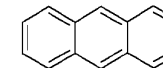
RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

HAP - ANTHRACENE

DESCRIPTIF**Synonyme et dénominations commerciales⁴⁸ :**

- Anthracine
- Paranthalène

Formule semi-développée : C₁₄H₁₀**N° CAS : 120-12-7****Formule développée**

Famille : HAP
Hydroc. polycyclique
POPs

Propriétés physico-chimiques :

Taille de la molécule : 25-28 µm (Jourdain, et al., 2007)

Masse molaire : 178,23 g/mol (RMC, 2010)

Solubilité dans l'eau : 0,13 mg/L à 20°C (RMC, 2010) 0,041 mg/L à 25°C (AQUAREF, 2010)
1,29 mg/L à 25°C (INERIS, 2005)

Pression de vapeur : 0,08 Pa à 25°C (RMC, 2010) 3,6 x 10⁻⁴ à 0,11 Pa à 25°C (INERIS, 2005)

Point éclair : 121°C (RMC, 2010)

Temps de ½ vie dans le sol : de 2,7 à 2 920 j en milieu aérobie (Jourdain, et al., 2007)
de 38,5 à 1 840 j en milieu anaérobie (Jourdain, et al., 2007)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : - -

Constante de Henry : 5,04 Pa·m³/mol (valeur moyenne - étendue : 1,76 à 72,9) (INERIS, 2005)

Log Kow : 4,45 (INERIS, 2005)

Koc : 25 700 l/kg (moyenne sur plusieurs sols - étendue : 2 600 à 725 000) (INERIS, 2005)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

Facilement adsorbable sur la matière en suspension et facilement volatil - concurrence des deux phénomènes. (INERIS, 2005)

L'anthracène s'enflamme au contact du trioxyde de chrome (Leleu, et al., 2004)

l'épiperoxyde d'anthracène se décompose explosivement à 120°C (Leleu, et al., 2004)

L'anthracène sodium, le naphthalène sodium et le phénanthrène sodium peuvent s'enflammer à l'air, spontanément ; au contact de l'eau, leur hydrolyse est violente. (Leleu, et al., 2004)

L'anthracène est enflammé par le fluor gazeux (Leleu, et al., 2004)

Néoformation ou production involontaire par les industries du déchet :

Les HAP, dont l'anthracène, sont susceptible d'être générés lors des processus de combustion incomplète (combustibles fossiles, charbon de bois, pneumatiques...).

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

Endoperoxyde et 9,10-anthraquinone en présence d'oxygène ; les isomères du 10,10'-dihydroxy-9,9',10,10'-tétrahydro-9,9'-bianthryl dans une eau peu oxygénée (INERIS, 2005)

Métabolites dans les sols : acide salicylique et catéchol, acide 2-hydroxy-3-naphtoïque ; anthrone ; acide phtalique ; 9,10-anthraquinone (Jourdain, et al., 2007)

Toxicité et écotoxicité - limites de qualité :

NQE-MA⁴⁹ : 0,1 µg/l (Dir. 2008/105/CE)

NQE-CMA⁵⁰ : 0,4 µg/l (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 0,01 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC eau douce : 0,063 µg/L (INERIS, 2005)

⁴⁸ Liste non exhaustive

⁴⁹ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

⁵⁰ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

Occurrence de l'anthracène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés⁵¹ du secteur 3 est de **0,80 g/j** (96 sites - 485 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

L'anthracène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5, et au cas par cas dans les rejets du sous-secteur 3.3. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'anthracène de l'ensemble des sous-secteurs. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur au flux total du secteur 3 ne sont pas non plus représentatives.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, l'anthracène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité⁵²

L'anthracène est une molécule à forte affinité pour les MES et relativement biodégradable

Des rendements de l'ordre de 98 % sont atteints avec des traitements classiques :

- ✓ l'élimination par décantation
- ✓ l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- ✓ l'élimination par dégradation bactérienne

Traitements possibles :**Traitement à l'ozone**

Coagulation/floculation/séparation (Les rendements d'épuration les plus importants (98%) sont observés dans les stations pratiquant un traitement biologique secondaire.)

Oxydation par voie humide : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité.

Traitement par stripping**Traitement par oxydation thermique**

Dans le cadre de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, les HAP résiduels sont éliminés par des traitements par **adsorption sur charbon actif** en poudre ou en grain

⁵¹ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

⁵² Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC⁵³ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵⁴**
 - L'anthracène est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - L'anthracène fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau", il est identifié comme "substance dangereuse prioritaire"
- **Pos** : Les HAP font partie de la liste des polluants organiques persistants
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁵⁵**
 - L'anthracène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁵⁶:
 - L'anthracène n'est pas soumis à restriction
 - D'autres HAP sont soumis à restriction : le benzo(a)pyrène, le benzo(e)pyrène, le benzo(a)anthracène, le chrysène, le benzo(j)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, et le dibenzo(a, h)anthracène.
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - L'anthracène en tant que tel n'est pas identifié comme une substance dangereuse
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁵⁷**
 - L'anthracène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁵⁸
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁵⁹**
 - Annexe 1 : l'anthracène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,01 µg/L

⁵³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁵⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁵⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁵⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:L:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁵⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁵⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁵⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les HAP se forment naturellement lors des réactions de combustions et peuvent en être des sous-produits non-intentionnels.

Secteurs mettant en jeu de la combustion ou de l'incinération (RMC, 2010)

La présence de l'anthracène dans les rejets industriels est principalement due aux activités de combustion et d'incinération en particulier celles qui font appel à des énergies fossiles.

Les activités suivantes sont susceptibles de produire des HAP soit à partir de dérivés de combustibles fossiles, soit suite à des combustions :

- raffinage, dépôts et terminaux pétroliers, site de mélange et conditionnement de produits pétroliers
- regroupement, prétraitement des déchets dangereux
- fusion du verre et cristallerie
- centrale thermique de production d'électricité
- industrie du plastique
- sidérurgie
- fonderie, production et/ou transformation de métaux ferreux et de métaux non ferreux (émissions des fours à charbon et des fours à fioul).
- émis lors de la fabrication de noir de carbone, ce dernier contenant beaucoup d'anthracène (RMC, 2010)

Secteurs des industries du déchet

- ✓ Les UIOM (Unités d'Incinération d'Ordures Ménagères) mettant en œuvre des procédés de combustion peuvent émettre des HAP, dont l'anthracène.
- ✓ La créosote, utilisée en substitution du pentachlorophénol pour le traitement du bois est source d'émission de HAP, en particulier d'anthracène et de naphthalène. (INERIS, 2005)

PRODUCTION / UTILISATIONS**Synthèse / production**

L'anthracène est une substance naturelle présente dans les combustibles fossiles (12g/kg de charbon, 100 à 300 mg/L de fioul, jusqu'à 2,6 mg/L d'essence) (INERIS, 2005)

La distillation des goudrons de charbon permet de recueillir de l'huile d'anthracène, riche en anthracène dans la fraction correspondant à des températures d'ébullition comprises entre 300 et 360°C. Le phénanthrène et le carbazole, également présents dans l'huile d'anthracène, sont éliminés par des distillations et des cristallisations successives, ou par extraction avec des solvants appropriés permettant d'obtenir de l'anthracène pur à 95%. De l'anthracène très pur peut être préparé à partir d'anthraquinone de synthèse. (INERIS, 2005)

Utilisation en général

- ✓ L'anthracène est utilisé comme **intermédiaire chimique** pour la préparation de matières colorantes et pour la formation de poly-radicaux destinés à la fabrication de résines (INERIS, 2005) thermodurcissables et stabilisant à la lumière pour des polymères (INERIS, 2006)
- ✓ Il est principalement employé pour la fabrication de l'**anthraquinone** (intermédiaire pour la **fabrication de teintures**). (INERIS, 2005)
- ✓ Il est utilisé comme diluant des produits de **protection du bois**, comme **insecticide** et comme **fongicide**. (INERIS, 2005)
- ✓ Il est utilisé comme matière première dans l'**industrie de la cellulose** (ECHA)
- ✓ Il fait partie des photoconducteurs organiques cristallisés utilisés en **électrophotographie**. (INERIS, 2005)
- ✓ Dans sa forme la plus pure, l'anthracène est fréquemment employé en physique nucléaire comme **substance scintillante** pour la détection des radiations de haute énergie. (INERIS, 2005)
- ✓ Il est employé pour synthétiser l'agent chimio-thérapeutique "**Amsacrine**"^{®n}. (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique de l'anthracène dans les procédés des industries du déchet
- Production involontaire possible lors de l'incinération - de la combustion - de matières organiques

Utilisation dans d'autres secteur industriels (RMC, 2010)

L'anthracène est utilisé comme :

- En médecine humaine **agent chimio-thérapeutique** pour le traitement de la leucémie et des lymphomes ("amsacrine")
- **photoconducteur** organique cristallin utilisé en électro-photographie
- employé en physique nucléaire comme **substance scintillante** pour la détection des radiations de haute énergie
- employé dans l'industrie des **pneumatiques**
- sous-produit de la **distillation de la houille**
- diluant dans les huiles d'imprégnation pour la **protection et traitement du bois**
- utilisé comme **insecticide et fongicide**

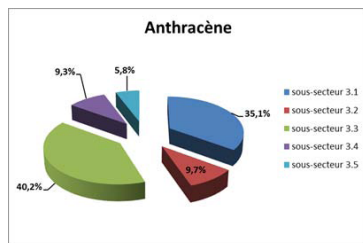
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés d'anthracène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0,80 g/j** (96 sites - 485 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

- Sous-secteur 3.1** : 37 sites (187 mesures - contributeur à **35,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,22 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 10 sites (48 mesures - contributeur à **9,7%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,06 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 19 sites (115 mesures - contributeur à **40,2%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,25 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 12 sites (47 mesures - contributeur à **9,3%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,06 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 15 sites (88 mesures - contributeur à **5,8%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**

Répartition des flux en anthracène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : l'anthracène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5, et au cas par cas dans les rejets du sous-secteur 3.3. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'anthracène de l'ensemble des sous-secteurs. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur au flux total du secteur 3 ne sont pas plus représentatives.

L'anthracène n'est donc pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Note : Cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Un bilan de la première campagne de mesures nationales dans des rejets industriels a mis en évidence que l'anthracène était détecté dans environ 10% des rejets étudiés - MEDD, 2005 cité par (INERIS, 2006)

Les résultats de la première campagne du RSDE (2002-2006) font apparaître que, dans la région Rhône-Méditerranée, 42% des stations d'épuration urbaines émettent des substances dangereuses prioritaires (HAP ou nonylphénols). (Lagarrigue, 2011)

Le projet AMPERES a montré que l'anthracène était détecté dans environ 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

(D'après Feix, 1995, l'anthracène présent dans les eaux usées urbaines est significativement abattu par les stations d'épuration, et très retenu dans les boues (25%). La teneur des boues de 40 stations d'épuration était en moyenne de 4,3 mg/kg de matière sèche. (INERIS, 2006)

Présence dans l'environnement

D'une manière générale, l'anthracène est présent dans les fumées émises lors de combustions incomplètes, industrielles comme domestiques. (INERIS, 2005)

Les émissions industrielles sont peu importantes et en forte décroissance, mais les émissions liées au transport automobile et au chauffage domestique sont difficilement contrôlables. (INERIS, 2006)

Les principales sources anthropiques sont (INERIS, 2005) :

- les échappements des moteurs d'automobiles (0,02 à 6,45 µg/m³),
- la cokéfaction et la gazéification du charbon et plus généralement les missions des fours à charbon et des fours à fioul,
- le raffinage du pétrole,
- l'utilisation des huiles d'imprégnation pour le traitement du bois,
- la préparation de l'asphalte pour les revêtements routiers,
- la fumée de charbon de bois,
- la combustion de déchets de pneumatiques (caoutchouc).
- l'épandage de boues d'épuration (INERIS, 2006)

Compartiment atmosphérique

En dehors des rejets industriels, l'anthracène présent dans l'atmosphère provient aussi en grande partie des émissions liées aux transports et au chauffage domestique, ou encore des feux de forêts. (INERIS, 2006)

L'anthracène se présente dans l'atmosphère sous forme vapeur ou adsorbée sur la matière particulaire. Plus de 78% de l'anthracène présent dans l'atmosphère peut l'être sous forme vapeur (INERIS, 2005)

La présence des HAP dans l'air (dont l'anthracène) est suivie dans le cadre de plusieurs programmes nationaux et internationaux. Les données françaises sont disponibles sur Internet (www.atmonet.org) (INERIS, 2009-b) Une synthèse de ces valeurs est présentée dans ce document⁶⁰.

Dans l'atmosphère, sa demi-vie due aux réactions avec les radicaux hydroxyles est de 3,4 heures pour une concentration de 5x10⁵ radicaux hydroxyles/cm³ (INERIS, 2005)

⁶⁰ http://buldair.org/sites/default/files/Bilan_QA_2009.pdf

Eau

L'anthracène s'adsorbe facilement sur la matière en suspension. Cependant, étant donné sa constante de Henry, il peut aussi se volatiliser. Ces deux phénomènes sont concurrents (INERIS, 2005)

Le dernier rapport du Ministère de l'Environnement sur la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux en France pour la période 2007-2009 signale que les taux de quantification de HAP dans les sédiments sont supérieurs à ceux relevés dans l'eau. 10 congénères sont systématiquement quantifiés sur plus de 50% des analyses. A l'exception de l'anthracène et du naphthalène, on retrouve parmi eux tous les HAP suivis au titre des substances prioritaires et dangereuses. (MEDDTL, 2011)

Sols /sédiments

D'une manière générale, la capacité de mobilisation d'un contaminant organique à partir d'un sédiment est d'autant moins grande que l'hydrophobicité et l'affinité avec la matière organique (Koc) du contaminant sont importantes, que le sédiment possède une teneur en matières organiques élevée et une texture fine, et que le temps de contact particule-molécule augmente. Globalement, les constantes de désorption rapide et lente des HAPs, PCBs et chlorobenzènes sont du même ordre de grandeur ($k_{rap}=10^{-1}/h$ et $k_{lente}=10^{-3}/h$). (Bonnet, 2010)

L'anthracène est peu à pas mobile dans les sols. Il peut facilement se volatiliser à partir des sols humides, son adsorption importante sur la matière organique peut cependant atténuer ce phénomène. Par contre, il ne se volatilise que très peu à partir des sols secs. (INERIS, 2005)

La CIPEL suit régulièrement les concentrations en micropolluants dans les différents compartiments du lac Léman. Selon les endroits, les HAP sont présents dans les sédiments à des concentrations allant de 400 à 4 590 µg/kg de matière sèche. (Edder, et al., 2008)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles et certaines des HAP en général, et de l'anthracène en particulier dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**03 Déchets de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, pâte à papier, papier et carton**

03 02 Déchets des produits de protection du bois

03 02 01* composés organiques non halogénés de protection du bois

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole

05 01 07* goudrons acides

05 01 08* autres goudrons et bitumes

05 06 Déchets provenant du traitement pyrolytique du charbon

05 06 01* goudrons acides

05 06 03* autres goudrons 10 Déchets provenant de procédés thermiques

10 Déchets provenant de procédés thermiques

10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium

10 03 17* déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes

10 08 Déchets provenant de la pyrométallurgie d'autres métaux non ferreux

10 08 12* déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 03 Mélanges bitumineux, goudron et produits goudronnés

17 03 01* mélanges bitumineux contenant du goudron

17 03 03* goudron et produits goudronnés

17 04 Métaux (dont leurs alliages)

17 04 10* câbles contenant des hydrocarbures, du goudron ou d'autres subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 11 Déchets provenant de la régénération de l'huile

19 11 02* goudrons acides

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon**

05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole

05 01 03* boues de fond de cuves

05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant de la maintenance de l'installation ou des équipements

06 Déchets des procédés de la chimie minérale

06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs

06 13 05* suies

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)

07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 Déchets provenant de la FFDU de produits de revêtement (peintures, vernis, émaux vitrifiés), mastics et encres

08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression

08 03 07 boues aqueuses contenant de l'encre

08 03 12* déchets d'encres contenant des subst. dangereuses

08 03 14* boues d'encre contenant des subst. dangereuses

08 03 19* huiles dispersées

10 Déchets provenant de procédés thermiques

10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)

10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)

10 01 02 cendres volantes de charbon

10 01 03 cendres volantes de tourbe et de bois non traité

10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures

10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles

10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière de la coïncinération contenant des subst. dangereuses

10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses

10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses

10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses

10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier

10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses

10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07

10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures

10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11

10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées

13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale

13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale

13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques

13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables

13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

13 04 Hydrocarbures de fond de cale

13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale

13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de mûles

13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 01 Béton, briques, tuiles et céramiques

17 01 06* mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles, céramiques avec des subst. dangereuses

17 02 Bois, verre et matières plastiques

17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses
- 19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel**
- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses
 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17
- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (dont déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 11 Déchets provenant de la régénération de l'huile
 19 11 07* déchets provenant de l'épuration des gaz de combustion
- 19 12 Déchets du traitement mécanique des déchets (ex, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
 19 12 01 papier et carton
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
- 20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)**
- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses
- 20 03 Autres déchets municipaux
 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (AQUAREF, 2010)**Prélèvements, conditionnement et transport**

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et du volume à prélever.

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches, etc...) pour le remplissage des flacons

Système de prélèvement en inox ou en verre brun

Si des parties en matériau plastique sont inévitables dans le système de prélèvement, rincer le système avec au moins 3 fois le volume de l'échantillon.

Dans tous les cas, s'assurer de l'absence de phénomènes d'adsorption et de désorption du système de prélèvement (blanc du système de prélèvement).

Flacons en verre brun non pelliculé prétraités (calcination, rinçage solvant), bouchons préalablement lavés contenant capsule en polymères fluorés ou feuille de papier aluminium Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).

Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette-test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/L), ajouter avant le prélèvement 80 mg de Na₂S₂O₃, 5H₂O (NF EN ISO 5667-3, 2003) pour 1 000 ml d'échantillon dans le récipient.

Remplir le flacon jusqu'à l'épaulement.

Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C pour un début d'analyse sous un délai de 24h

Réception par le laboratoire dans les 24h au plus tard.

Prétraitement / extraction

L'anthracène étant une substance volatile, la filtration de l'échantillon est à proscrire.

Cas 1 : Si extraction réalisable sous 24h : aucun prétraitement au solvant.

Cas 2 : Si extraction non réalisable sous 24h : ajout de solvant (si non réalisé sur le site) ; réaliser l'extraction dans les 72h.

Stockage à 4 ± 2°C à l'abri de la lumière.

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse. La verrerie utilisée au laboratoire doit être ambree pour éviter les phénomènes de dégradation.

Remise à température ambiante en vue de l'analyse.

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Dosage

Interférences : L'anthracène est considéré comme une substance organique volatile : dans le cas de matrices dont la teneur en MEST est > 50 mg/L, réaliser 3 extractions liquide/liquide successives au minimum sur l'échantillon brut sans séparation filtration préalable.

Limite de détection : le niveau NQE/3 est atteint

Limite de quantification :

1/ chromatographie en phase liquide à haute performance/détection par fluorescence (CLHP/Fluo) : atteignable

2/ chromatographie en phase gazeuse / détection par spectrométrie de masse (CG/SM) : atteignable

NORMES

NF EN ISO 17993 (2004) - Qualité de l'eau - Dosage de 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau par chromatographie en phase liquide à haute performance avec détection par fluorescence après extraction liquide/liquide (CLHP/Fluo - 1 seule extraction)

LQ usuelle : 0,001 µg/L

ISO 28540 (2009) - Qualité de l'eau - Dosage de 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau - Méthode par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse (CG/SM extraction liquide/liquide)

LQ annoncées : 0,005 µg/L (eaux potables, eaux souterraines)
0,01 µg/L (eaux de surface)

EAUX POTABLES ET NATURELLES, EAUX USEES (INERIS, 2005)**Prélèvement, conditionnement prétraitement et conservation**

Les échantillons d'eau sont prélevés dans des flacons en verre brun munis de bouchons en téflon. Le volume prélevé doit être de 0,5 ou 1 L.

Pour les eaux du robinet, il convient de laisser couler l'eau quelques minutes avant de remplir le flacon. Pour les eaux de surface, le flacon doit être immergé dans la masse d'eau et rempli en évitant de prélever la couche d'eau superficielle. Pour les échantillons d'eau chlorée, du thiosulfate doit être ajouté au moment du prélèvement.

Les échantillons sont ensuite transportés et/ou stockés à environ +4°C et à l'abri de la lumière. L'extraction doit être effectuée dans les 24 heures suivant le prélèvement. Si tel n'est pas le cas, il est conseillé d'ajouter le solvant d'extraction directement dans la bouteille de prélèvement et d'agiter les deux phases. Ce prétraitement permet d'allonger la durée de stockage avant extraction à 72 h.

Extraction / préparation

Les HAP contenus dans 100 à 1 000 ml d'eau sont extraits en deux étapes successives par extraction liquide/liquide avec un solvant organique apolaire à peu polaire, tel que l'hexane, le cyclohexane ou le dichlorométhane.

Pour des eaux usées (eaux de station d'épuration, eaux de rejet industriel) ou fortement concentrées en HAP, il est conseillé d'effectuer l'extraction sur l'échantillon d'eau dilué avec de l'eau distillée.

L'extrait est ensuite séché sur sulfate de sodium anhydre et reconcentré à l'évaporateur rotatif, puis sous flux d'azote. Si nécessaire, pour des eaux de surface ou autres échantillons d'eaux contaminées, l'extrait est purifié sur micro-colonne phase alumine/sulfate de sodium ou gel de silice.

Puis, en fonction de la technique choisie pour l'analyse et le dosage des solutés, après reconcentration des extraits, les HAP sont dissous dans un solvant approprié.

Remarque : les HAP étant des composés facilement adsorbés sur les matières en suspension (MES), lors de l'analyse d'eaux usées chargées en MES, la totalité de l'échantillon (i.e. eau non filtrée) doit être analysée. Dans le cas d'eaux de surface, une différenciation entre les concentrations en HAP dissous et non dissous peut s'avérer souhaitable. Ainsi pour une charge importante en mati.res en suspension (à titre indicatif : MES supérieures à 200 mg/L), il est recommandé de filtrer l'eau et d'extraire séparément la fraction dissoute et la fraction particulaire.

Dosage**Méthode de dosage**

L'analyse et le dosage des HAP sont effectués :

- soit par chromatographie en phase liquide (sur phase inverse, colonne greffée C18, phase mobile méthanol ou acétonitrile/eau en isocratique ou en gradient) couplée à une détection par spectrophotométrie ultra-violet ou/et par fluorimétrie (CLHP/UV et/ou fluorimétrie), avec un dosage par étalonnage externe,
- soit par chromatographie en phase gazeuse (colonne capillaire, phase stationnaire faiblement polaire) couplée à un détecteur à ionisation de flamme (CPG/FID), avec un dosage par étalonnage externe ou interne,
- soit par chromatographie sur couche mince haute performance couplée à une détection par fluorimétrie (CCMHP/fluorimétrie).

NORMES APPLIQUABLES AUX EAUX USEES

NF ISO DIS 17993 (fév. 2000) : Qualité de l'eau - Détermination des 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau par CLHP (HPLC) avec détection par fluorescence.

Domaine d'application

Cette norme s'applique à l'analyse de 15 HAP, dont l'anthracène, dans les eaux potables et les eaux de surface. Elle peut être étendue à l'analyse d'autres HAP si des essais au laboratoire permettent de démontrer son applicabilité à ces composés supplémentaires. Les limites de détection mentionnées sont de 0,005 µg/L et de 0,01 µg/L, respectivement pour les eaux potables et pour les eaux de surface.

Principe

Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide à l'hexane. Après séchage, reconcentration et éventuellement purification sur micro-colonne de silice, le solvant est échangé par du méthanol ou de l'acétonitrile et l'extrait est analysé par CLHP/fluorimétrie.

Pour des eaux usées (STEP, eaux de rejet industriel) ou fortement concentrées en HAP, l'extraction est effectuée sur l'échantillon dilué au 1/2 avec de l'eau distillée.

Interférences

Les interférences peuvent être liées à l'échantillonnage et à l'extraction.

Les **réipients d'échantillonnage et de stockage** doivent être constitués de matériaux inertes tels que le verre ou l'acier. Il est recommandé de ne pas utiliser de matières plastiques ou toute autre matière organique à cause de leur capacité d'adsorption générant des pertes en HAP.

De même pour les **échantillonneurs automatiques**, il convient d'éviter l'emploi de tubes en silicone ou en caoutchouc.

L'évaporation à sec des extraits peut générer des pertes sévères en HAP à 2 ou 3 noyaux (cas de l'anthracène).

D'autres interférences peuvent résulter de l'analyse par CLHP. Ainsi tout composé donnant lieu à une fluorescence, ou atténuant la fluorescence et ayant des propriétés chromatographiques similaires à celles des HAP recherchés peut interférer. En particulier, on signalera des interférences liées à la présence d'autres HAP : problème de séparation pour le naphthalène et le phénanthrène et pour le dibenzo[ah]anthracène et l'ind.no[1,2,3-cd]pyrène : pics incomplètement résolus.

De même, le pérylène est incomplètement résolu du benzo[b]fluoranthène, mais à une longueur d'onde adéquate, le pic du pérylène peut être supprimé.

Les résidus de solvants employés pour le prétraitement de l'échantillon (hexane, acétone, dichlorométhane) interfèrent sur la qualité de la séparation chromatographique (pic plus large, voire dédoublement de pics) surtout pour les HAP à 2 ou 3 noyaux - comme l'anthracène).

La présence d'oxygène dissous dans la phase mobile ou éluant peut réduire l'intensité de fluorescence de certains HAP ; il faut donc maintenir la teneur en oxygène dissous la plus faible et la plus constante possible en dégazant l'éluant avec de l'hélium ou sous vide.

Enfin, au cours du prélèvement, de l'extraction et de l'analyse, les échantillons doivent être protégés de **l'exposition à la lumière directe du soleil**, qui peut entraîner la dégradation des HAP.

US EPA method 610 – Methods for organic chemical analysis of municipal and industrial wastewater: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons.

Domaine d'application

Cette méthode s'applique à l'analyse de 16 HAP, dont l'anthracène, dans les eaux de rejet municipales ou industrielles. Pour l'anthracène, le **rendement de la méthode** est de l'ordre de 63%, la **limite de détection** est de 660 ng/L.

Principe

Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide au dichlorométhane, les extraits sont ensuite séchés puis reconcentrés. L'analyse est effectuée soit par CLHP/UV et fluorimétrie, soit par CPG/FID. En fonction des échantillons étudiés, une procédure de purification des extraits sur gel de silice est également décrite.

Interférences

Des interférences peuvent être liées aux réactifs, aux solvants ou à la verrerie. La matrice étudiée peut également être source d'interférence. De plus, même si les méthodes chromatographiques ont été optimisées pour la détection des HAP, des problèmes d'interférences ou de co-élution peuvent être rencontrés lors de l'analyse de certains échantillons.

US EPA method 8100 (sept. 1986) – Polynuclear Aromatic Hydrocarbons

Domaine d'application

Cette méthode s'applique à l'analyse de 24 HAP, dont l'anthracène, à des concentrations de l'ordre du µg/L, dans les eaux et les sols.

Principe

La méthode décrit la séparation et l'analyse des HAP par CPG/FID. Cette analyse requiert la mise en œuvre préalable d'une étape d'extraction appropriée (US EPA méthode 3510 ou 3520 pour les eaux et méthode 3540 ou 3550 pour les sols). Avant dosage, il est recommandé de confirmer l'identité des composés détectés par CPG/SM.

Interférences

Des problèmes d'interférences peuvent être dus aux solvants, aux réactifs ou à la verrerie. Les réactifs et solvants doivent être de haute pureté. Il peut être nécessaire de distiller les solvants pour les purifier. Il convient de montrer par l'analyse de blanc de verrerie que tout le matériel utilisé est exempt d'interférence.

Des interférences peuvent également provenir de la matrice particulière analysée. Il est alors possible de recourir à une purification complémentaire soit classique soit spécifique en fonction du problème rencontré.

US EPA method 8310 (Sept. 1986) - Polynuclear Aromatic Hydrocarbons.

Domaine d'application

Cette méthode s'applique à l'analyse, dans les eaux et les sols, de 16 HAP, dont l'anthracène, à des limites de concentrations variant de la dizaine de ng/L à la dizaine de µg/L selon la matrice (eau de boisson ou souterraine, sol). Des essais inter-laboratoires sur des eaux de référence, des eaux potables, des eaux de surface et des eaux de rejet industriel ont montré que la précision et la justesse de la méthode étaient davantage dépendantes du niveau de concentration analysé sur une gamme variant de 0,1 à 500 µg/L que de la matrice testée.

Principe

La méthode décrit la séparation et l'analyse des HAP par CLHP/UV et fluorimétrie. Cette analyse requiert la mise en œuvre préalable d'une étape d'extraction appropriée (US EPA méthode 3510 ou 3520 pour les eaux et méthode 3540 ou 3550 pour les sols).

Interférences

Des problèmes d'interférences peuvent être dus aux solvants, aux réactifs ou à la verrerie. Les réactifs et solvants doivent être de haute pureté. Il peut être nécessaire de distiller les solvants pour les purifier. Il convient de montrer par l'analyse de blanc de verrerie que tout le matériel utilisé est exempt d'interférence.

Des interférences peuvent également provenir de la matrice particulière analysée. Il est alors possible de recourir à une purification complémentaire soit classique soit spécifique en fonction du problème rencontré. Les autres HAP présents ainsi que les artefacts liés à la matrice peuvent interférer sur l'analyse.

AUTRES NORMES

US EPA method 8275A (dec. 1996) – Semi volatile organic compounds (PAHs and PCBs) in soils / sludges and solid wastes using thermal extraction/gas chromatography/mass spectrometry (TE/GC/MS)

Domaine d'application

Il s'agit d'une méthode de détermination quantitative rapide des HAP, dont l'anthracène, contenus dans un sol. La limite de quantification est estimée à 1 mg/kg et la limite de détection est de l'ordre de 0,01 à 0,5 mg/kg.

Principe

La méthode consiste en une extraction thermique directe des HAP contenus dans le sol suivie d'un piégeage cryogénique et d'une analyse par CPG/SM. Le dosage est effectué par étalonnage interne (utilisation de HAP deutériés ou marqués au ¹³C comme étalons).

Interférences

Il convient de vérifier l'absence d'interférence dans les blancs, les échantillons, les standards et les étalons internes. L'analyse d'échantillons de haute concentration peut entraîner l'apparition de pics fantômes (contamination du système) par saturation de la colonne analytique. Dans ce cas, il est nécessaire de reconditionner la colonne analytique et d'analyser à nouveau des blancs.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et modification de process dans les industries autres que celles du secteur des déchets** (RMC, 2010)

L'anthracène est souvent un sous produit de l'activité industrielle. A ce titre il est difficile d'envisager des solutions de substitution.

Il faut toutefois noter que l'industrie pétrolière et celle du caoutchouc cherchent des substituts aux HAP dans les pneumatiques. D'après les compagnies pétrolières, il existe principalement deux huiles alternatives possibles : les MES (Mild Extract Solvate) et les TDAE (Treated Distillate Aromatic Extracts). Il n'est pas encore certain qu'ils puissent servir de substituts complets : d'une part la question de leur disponibilité se pose ; d'autre part il n'est pas certain qu'ils permettent d'atteindre les mêmes qualités en termes d'adhérence au sol.

Pour les autres utilisations de cette molécule (exemple : fabrication de l'antraquinone - intermédiaire pour la fabrication de teintures), nous n'avons pas identifié de substituant pertinent. (RMC, 2010)

Traitement des effluents par séparation de phases

La séparation de l'huile et de l'eau peut être réalisée (RMC, 2010) :

- avec un cyclone
- par de la micro filtration sur un séparateur API (American Petroleum Institute), lorsque l'on peut s'attendre à de grandes quantités de pétrole libre ou d'hydrocarbures ou sur un intercepteur à plaques.

Traitement des effluents par oxydation par air humide

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micropolluants (taux d'élimination de 99%) Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Traitement des effluents à l'ozone

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micropolluants (taux d'élimination de 99%) Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Traitement des effluents par dégradation abiotique

Dans de l'eau distillée et exposé à la lumière naturelle, l'anthracène est dégradé par photolyse en quelques heures. Dans de l'eau aérée, les produits de dégradation sont l'endoperoxyde et le 9,10-antraquinone. Dans de l'eau peu oxygénée, les produits de dégradation sont les trois isomères du 10,10'-dihydroxy-9,9',10,10'-tétrahydro-9,9'-bianthryl. (INERIS, 2005)

Traitement des effluents par voie biologique (RMC, 2010)

La structure moléculaire de l'anthracène rend le traitement de cette molécule très délicat. Un abattement significatif des HAP dans les stations biologiques urbaines a été constaté. Ces composés présentant une forte affinité pour les matières en suspension, et sont **majoritairement piégés dans les boues**. On peut donc calquer le taux d'abattement des HAP sur celui des matières en suspension totales.

Sur une station biologique on notera donc les trois voies d'élimination des HAP :

- l'élimination par décantation
- l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- l'élimination par dégradation bactérienne

On peut ainsi atteindre des rendements de l'ordre de 98%.

Traitement des effluents par voie biologique (INERIS, 2005)

Le test MITI I modifié (ligne directrice OCDE 301C) a été réalisé. Le résultat est qu'après 28 jours, seulement 1,9% de la substance a été dégradée. On peut donc dire que la substance n'est pas facilement biodégradable.

Certains microorganismes ont montré qu'ils étaient capables de dégrader l'anthracène : *Beijerinckia* sp. B836 ; *Cunninghamella elegans* et *Pseudomonas putida* 199. (Landis, et al., 1999)

Au sein de la famille des HAPs, la résistance à la dégradation et, par conséquent, la persistance dans le milieu, varie notablement selon la molécule considérée. En ce qui concerne les molécules de 2 à 4 cycles aromatiques, certaines bactéries ont démontré des capacités à utiliser les HAPs comme unique source de carbone et d'énergie en aérobie. L'existence d'une corrélation entre le poids moléculaire du composé et sa résistance à la dégradation constitue un principe général permettant d'expliquer les comportements des diverses molécules aromatiques face au processus de dégradation. Plus les molécules sont de petites tailles, plus elles sont considérées sujettes aux processus de biodégradation. Parmi les facteurs affectant la biodégradation des HAPs, la question de la disponibilité est importante : ces composés hydrophobes (log Kow>4 : dont l'**anthracène** et le **fluoranthène**) sont significativement adsorbés sur les matières organiques particulaires et colloïdales, donc moins accessibles aux bactéries. (Lesage, 2009)

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

Le projet AMPERES a montré qu'on atteint un rendement d'élimination par les boues activées avec aération prolongée supérieur à 70% pour certains HAP, alors que pour d'autres le rendement n'est pas calculable.

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que le **naphtalène** et le **fluoranthène** étaient retrouvés dans plus de 70% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,1 à 1 mg/kg de boues. L'**anthracène** est retrouvé aux mêmes niveaux de concentrations, mais dans moins de 30% des boues.

Des études sur la biodégradation de certains HAP dans des eaux usées urbaines (2007) ont montré des pourcentages d'abattement de 95 à 97% pour l'anthracène, le fluoranthène et le naphtalène, avec des facteurs de concentration dans les boues primaires de 140 pour l'anthracène, 110 pour le fluoranthène et de 25 pour le naphtalène. Le naphtalène est mal retenu au niveau des boues, les pertes par volatilisation de ce composé pouvant atteindre 90%. (Lesage, 2009)

Biodégradabilité

Les mécanismes de biodégradation ds HAP (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A. (Jourdain, et al., 2007)

Traitement des effluents par phytoremédiation

Aucun résultat d'essai valide permettant de dériver des facteurs de bioconcentration dans les végétaux n'a pu être trouvé dans la littérature. (INERIS, 2005). L'anthracène ne peut donc, a priori, pas être traité par phytoremédiation.

Traitement par stripping

Selon (RMC, 2010) le stripping est un procédé adapté au traitement des effluents aqueux contenant des HAP.

REFERENCES

AQUAREF Anthracène - Substances de la Directive Cadre Eau [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - mise à jour du 27/09/10. - <http://www.aquaref.fr/>.

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Tributylétain [En ligne] // AQUAREF. - 2009. - <http://www.aquaref.fr>.

Barthet L. Contribution de l'évaluation de l'impact sur les écosystèmes de la valorisation de résidus de procédés thermiques en BTP [Rapport] : Thèse de doctorat / Ecole de Chimie de Lyon - Sciences et Techniques du Déchet. - Lyon : [s.n.], 2003. - p. 218 pages. - Thèse préparée à l'ENTPE.

Bonnet C. Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Edder P. et Rapin F., CIPEL Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Pollution du Léman par les micropolluants : situation actuelle et stratégie de gestion // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 - Villeurbanne, 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] // Some Industrial Chemicals. - 2000. - Vol. monographie 77. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/mono77-10.pdf>.

INERIS Anthracène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - 41 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>.

INERIS Anthracène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006. - 9 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>.

INERIS Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France [Rapport] : Rapport d'étude / Direction des Risques Chroniques. - 2009-b. - p. 113 pages. - N°DRC 08-94882-15772A.

INERIS Pentachlorophénol - Données technicoéconomiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/>. - 14 pages.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarrigue C., RMC L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .

Landis W. G. et Yu M-H Environmental Toxicology - Impacts of chemicals upon Ecological systems [Ouvrage] / éd. Press CRC. - [s.l.] : Lewis Publishers, 1999. - 2d Edition : p. env. 450 pages. - ISBN 1-56670-265-8.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Lesage G. Etude de l'élimination des substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation [Rapport] : Thèse de Doctorat / Génie des Procédés et de l'Environnement ; Université de Toulouse. - 2009. - p. 253 pages.

MEDDTL Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux - période 2007-2009 [Rapport] / Service de l'observation et des statistiques ; Commissariat Général au Développement Durable. - [s.l.] : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011. - p. 60 pages. - http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2011/E&D54_p53corrigee_janv2012.pdf. - Etudes & Documents n°54 - octobre 2011.

MEEDDM Bilan de la qualité de l'air en France en 2009 et principales tendances au cours de la période 2000-2009 [Rapport] / Direction Générale de l'Energie et du Climat ; Ministère de l'Environnement. - 2011. - p. 47 pages. - En ligne : http://buldair.org/sites/default/files/Bilan_QA_2009.pdf.

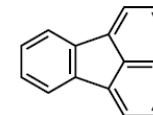
RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

HAP - FLUORANTHÈNE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales⁶¹:**

- benzacénaphtène
- benzo[j,k]fluorène
- 1,2-benzacénaphtène
- 1,2-[1,8-naphtylène] benzène
- 1,2-[1,8-naphtalènedyl] benzène
- Idryl

Formule développée

Famille :
HAP
Hydrocarbure polycyclique
POPs

Formule semi-développée : C₁₆H₁₀

N° CAS : 206-44-0

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 202,26 g/mol (RMC, 2010) 202 - 202,3 (INERIS, 2005)

Solubilité dans l'eau : 0,265 mg/l à 25 °C (RMC, 2010) (INERIS, 2005)

Pression de vapeur : 0,7-0.8×10⁻³ Pa à 20°C (RMC, 2010) (INERIS, 2005)
1,2 10⁻³ Pa à 25°C (INERIS, 2005)

Point éclair : 210°C (RMC, 2010)

Temps de ½ vie dans le sol : de 44 à 6 205 j en milieu aérobie (Jourdain, et al., 2007)
de 560 à 1 760 j en milieu anaérobie (Jourdain, et al., 2007)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : estimée à 1 500 jours (INERIS, 2005)

Constante de Henry : 0,8 Pa*m³/mol à 20°C (0,64 à 1,09) (INERIS, 2005)
1,5 Pa*m³/mol à 25°C (1,7 à 1,63) (INERIS, 2005)

Log Kow : 5,1 (Jourdain, et al., 2007) (INERIS, 2005)

Koc : 7,2 10⁺⁴ (2,9 10⁺⁴ - 2,0 10⁺⁵) (INERIS, 2005)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

• - -

Néof ormation ou production involontaire par les industries du déchet :

Les HAP, dont le fluoranthène, sont susceptible d'être générés lors des processus de combustion incomplètes (combustibles fossiles, charbon de bois, pneumatiques...).

Métabolites connus :

Métabolites dans les sols : 3-hydroxyméthyl-4-5-benzocoumarique (Jourdain, et al., 2007)

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA⁶² : 0,1 µg/l (Dir. 2008/105/CE)

NQE-CMA⁶³ : 1 µg/l (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 0,01 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC_{aquatique} chronique : 0,1 µg/l (INERIS, 2005)

⁶¹ Liste non exhaustive

⁶² NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

⁶³ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

Occurrence du fluoranthène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés⁶⁴ du secteur 3 est de **5,6 g/j** (98 sites - 517 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le fluoranthène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.3 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'anthracène de l'ensemble des sous-secteurs. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur au flux total du secteur 3 ne sont pas non plus représentatives.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, le fluoranthène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité⁶⁵

Le fluoranthène est une molécule à forte affinité pour les MES et relativement biodégradable

Des rendements élevés sont atteints avec des traitements classiques :

- ✓ l'élimination par décantation
- ✓ l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- ✓ l'élimination par dégradation bactérienne

Traitements possibles :**Traitement à l'ozone**

Coagulation/floculation/séparation (Les rendements d'épuration les plus importants (98%) sont observés dans les stations pratiquant un traitement biologique secondaire.)

Oxydation par voie humide : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité.

Traitement par stripping**Traitement par oxydation thermique**

Dans le cadre de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, les HAP résiduels sont éliminés par des traitements par **adsorption sur charbon actif** en poudre ou en grain.

⁶⁴ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

⁶⁵ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC⁶⁶ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁷**
 - Le fluoranthène est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - L'anthracène fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau", il n'est pas identifié comme "substance dangereuse prioritaire" mais est signalé dans la liste comme un indicateur de la présence d'autres HAP plus toxiques
 - Dans l'annexe II, la famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans leur ensemble est identifiée comme "substances dangereuses prioritaires"
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁶⁸**
 - Le fluoranthène n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Le fluoranthène en tant que tel n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁶⁹**
 - Le fluoranthène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁷⁰
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁷¹**
 - Annexe 1 : le fluoranthène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,01 µg/L

⁶⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁶⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁶⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁷⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁷¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les principales sources naturelles de HAP dans l'environnement sont les feux de forêts et les éruptions volcaniques.

Les émissions des cheminées et des fours à bois domestiques, des incinérateurs d'ordures ménagères, des unités de production de goudron et d'asphalte, des unités de craquage du pétrole, constituent les principales sources anthropiques. Ces sources stationnaires représentent environ 80% des émissions. Les sources mobiles sont constituées par les échappements des véhicules essence et Diesel.

Les rejets dans l'environnement sont principalement atmosphériques. Les HAP sont généralement associés à des particules, surtout les plus fines, mais peuvent également être présents dans la phase gazeuse.

La présence de HAP dans les eaux de surface provient du dépôt de particules en suspension dans l'atmosphère, des rejets de lixiviation des aires de stockage de charbon, des effluents des usines de traitement du bois et autres industries, de l'utilisation de composts et de fertilisants.

Le fluoranthène fait partie des HAP prédominants dans les émissions des incinérateurs d'ordures ménagères.

Secteurs mettant en jeu de la combustion ou de l'incinération (RMC, 2010)

La présence d'HAP dans les rejets industriels est principalement due aux activités de combustion et d'incinération en particulier celles qui font appel à des énergies fossiles.

Les activités suivantes sont susceptibles de produire des HAP soit à partir de dérivés de combustibles fossiles, soit suite à des combustions :

- raffinage, dépôts et terminaux pétroliers site de mélange et conditionnement de produits pétroliers
- fusion du verre et cristallerie
- centrales thermiques de production d'électricité
- industrie du plastique
- sidérurgie, fonderie, production et/ou transformation de métaux ferreux et non ferreux (émissions des fours à charbon et des fours à fioul).

Le fluoranthène, en tant que tel, ne semble plus être produit industriellement. La présence de ce composé dans les rejets industriels est principalement due aux activités de combustion et d'incinération en particulier celles qui font appel à des énergies fossiles. On peut également noter par le passé l'utilisation de produits de traitement du bois (exemple : créosote dans les traverses de chemin de fer). (RMC, 2010)

Secteurs des industries du déchet

Les UIOM (Unités d'Incinération d'Ordures Ménagères) mettant en œuvre des procédés de combustion peuvent émettre des HAP, dont l'anthracène.

- **Regroupement, prétraitement des déchets dangereux**
- **UIOM**

PRODUCTION / UTILISATIONS**Synthèse / production**

Quelques HAP, dont le fluoranthène, sont produits à des fins industrielles. (INERIS, 2005)

Le fluoranthène fait partie des principaux constituants des goudrons lourds issus du charbon. Il est obtenu par distillation à haute température (353 à 385°C) d'huile d'anthracène ou de brai. (INERIS, 2005)

Il est également formé de façon non intentionnelle, lors de la combustion incomplète du bois et du fioul. (INERIS, 2005)

Utilisation en général

Le fluoranthène est utilisé en revêtement de protection pour l'intérieur des cuves et des tuyaux en acier servant au stockage et à la distribution d'eau potable. (INERIS, 2005)

Il est utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de teintures, notamment de teintures fluorescentes. (INERIS, 2005)

Il est également employé dans la fabrication des huiles diélectriques et comme stabilisant pour les colles époxy. (INERIS, 2005)

En pharmacie, il sert à synthétiser des agents antiviraux. (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique du fluoranthène dans les procédés des industries du déchet
- Production involontaire possible lors de l'incinération ou de la combustion - de matières organiques

Utilisation dans d'autres secteurs industriels**Secteurs avec fabrication de teintures** (RMC, 2010)

Le fluoranthène a été utilisé dans le passé comme intermédiaire dans la fabrication de teintures, notamment des teintures fluorescentes dans les secteurs suivants :

- secteur Fabrication de peintures
- secteur Fabrication de pigments
- secteur Ennoblement textile
- secteur Blanchisserie

Colles et adhésifs

Le fluoranthène a été utilisé dans le passé comme stabilisant pour les colles Epoxy (pas d'utilisations connues aujourd'hui) (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

Le fluoranthène est présent dans les huiles de dilution et les pneumatiques. Une proposition de directive européenne envisage de restreindre la commercialisation et l'utilisation des HAP dans l'industrie du caoutchouc. (RMC, 2010)

Formulation galénique de produits pharmaceutiques

Le fluoranthène serait utilisé comme molécule mère dans la production de produits pharmaceutiques (toxnet, 2011)

Autres industries agroalimentaires

Le fluoranthène est susceptible d'être présent dans les fumées des salaisons et autres produits utilisés ajoutés en agroalimentaire. (RMC, 2010)

Industrie du travail mécanique des métaux

Le fluoranthène peut être utilisé dans les huiles électriquement isolantes (toxnet, 2011).

Industrie du traitement et revêtement de surface

Le fluoranthène a été utilisé dans le passé dans les revêtements de protection pour l'intérieur des cuves et des tuyaux en acier servant au stockage et à la distribution d'eau potable (RMC, 2010)

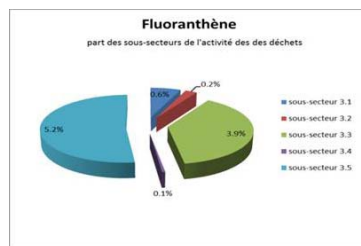
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de fluoranthène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **5,6 g/j** (98 sites - 517 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 36 sites (186 mesures - contributeur à **6,4%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,31 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 6 sites (29 mesures - contributeur à **2,5%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,12 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 32 sites (190 mesures - contributeur à **38,6%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,89 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 13 sites (57 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,03 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 9 sites (55 mesures - contributeur à **52%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,55 g/j**

Répartition des flux en fluoranthène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le fluoranthène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.3 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de fluoranthène de l'ensemble des sous-secteurs. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur au flux total du secteur 3 ne sont pas non plus représentatives.

Le fluoranthène n'est donc pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Note : Cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Le projet AMPERES a montré que le fluoranthène était détectée dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de fluoranthène dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le fluoranthène est détecté dans moins de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

Concentrations ubiquitaires dans les eaux de surface : < 1 ng/m³ (INERIS, 2005)

Eau / sédiments

Présence dans les rejets urbains par temps de pluie (Bertrand-Krajewski, 2008)

En 2004, des campagnes de prélèvement de rejets urbains par temps de pluie ont permis de détecter le fluoranthène à des niveaux de l'ordre de 0,12 milligramme par hectare de bassin versant actif en périphérie lyonnaise.

Concentrations ubiquitaires dans les eaux de surface : < 50 ng/l (INERIS, 2005)
dans les eaux de pluie : < 200 ng/l (INERIS, 2005)
dans les sédiments de rivière : < 1 mg/kg (INERIS, 2005)

Sols

Dans les sols, les HAP sont éliminés principalement par volatilisation et par activité microbienne. Plusieurs facteurs tels que la température, le type de sol, et la présence d'autres substances conditionnent les processus de dégradation. (INERIS, 2005)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles et certaines des HAP en général, et du naphthalène en particulier dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**03 Déchets de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, pâte à papier, papier et carton**

- 03 02 Déchets des produits de protection du bois
 - 03 02 01* composés organiques non halogénés de protection du bois

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

- 05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole
 - 05 01 07* goudrons acides
 - 05 01 08* autres goudrons et bitumes
- 05 06 Déchets provenant du traitement pyrolytique du charbon
 - 05 06 01* goudrons acides
 - 05 06 03* autres goudrons

10 Déchets provenant de procédés thermiques

- 10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium
 - 10 03 17* déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes
- 10 08 Déchets provenant de la pyrométallurgie d'autres métaux non ferreux
 - 10 08 12* déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 03 Mélanges bitumineux, goudron et produits goudronnés
 - 17 03 01* mélanges bitumineux contenant du goudron
 - 17 03 03* goudron et produits goudronnés
- 17 04 Métaux (dont leurs alliages)
 - 17 04 10* câbles contenant des hydrocarbures, du goudron ou d'autres subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 11 Déchets provenant de la régénération de l'huile
 - 19 11 02* goudrons acides

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon**

- 05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole
 - 05 01 03* boues de fond de cuves
 - 05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant de la maintenance de l'installation ou des équipements

06 Déchets des procédés de la chimie minérale

- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
 - 06 13 05* suies

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
 - 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 Déchets provenant de la FFDU de produits de revêtement (peintures, vernis, émaux vitrifiés), mastics et encres

- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
 - 08 03 07 boues aqueuses contenant de l'encre
 - 08 03 12* déchets d'encres contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 14* boues d'encre contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 19* huiles dispersées

10 Déchets provenant de procédés thermiques

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
 - 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
 - 10 01 02 cendres volantes de charbon
 - 10 01 03 cendres volantes de tourbe et de bois non traité
 - 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 - 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 - 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses

10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier

- 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
- 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
- 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
- 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11
- 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- 13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées
 - 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
 - 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
 - 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
 - 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
 - 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification
- 13 04 Hydrocarbures de fond de cale
 - 13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
 - 13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de môles
 - 13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 01 Béton, briques, tuiles et céramiques
 - 17 01 06* mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles, céramiques avec des subst. dangereuses
- 17 02 Bois, verre et matières plastiques
 - 17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.
- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 - 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

17 09 Autres déchets de construction et de démolition

- 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
 - 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
 - 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
 - 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
 - 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17
- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (dont déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 11 Déchets provenant de la régénération de l'huile
 - 19 11 07* déchets provenant de l'épuration des gaz de combustion
- 19 12 Déchets du traitement mécanique des déchets (ex, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
 - 19 12 01 papier et carton
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 - 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses
- 20 03 Autres déchets municipaux
 - 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (AQUAREF, 2010)

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et du volume à prélever.

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches, etc...) pour le remplissage des flacons

Système de prélèvement en inox ou en verre brun

Si des parties en matériau plastique sont inévitables dans le système de prélèvement, rincer le système avec au moins 3 fois le volume de l'échantillon.

Dans tous les cas, s'assurer de l'absence de phénomènes d'adsorption et de désorption du système de prélèvement (blanc du système de prélèvement)

A cause de sa volatilité, prévoir au moins 2 échantillons pour 1 prélèvement.

Prétraitement et transport

Flacons en verre brun non pelliculé prétraités (calcination, rinçage solvant)

Bouchons préalablement lavés contenant capsule en polymères fluorés ou feuille de papier aluminium

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage) Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette-test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/L), ajouter avant le prélèvement 80 mg de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (NF EN ISO 5667-3 : 2003) pour 1 000 ml d'échantillon dans le récipient.

Remplir le flacon jusqu'à l'épaulement

Transporter dans une enceinte réfrigérée à $5 \pm 3^\circ\text{C}$ pour début d'analyse sous un délai de 24 H

Réception par le laboratoire dans les 24 H au plus tard.

Prétraitement au laboratoire

Mesurer le taux de MES dans les 48 H, afin de sélectionner les normes adéquates et/ou travailler sur les 2 phases (filtrer sur filtre en fibre de verre (2) conditionné au préalable à 105°C et se rapprocher des normes sur les sédiments pour la phase particulière)

✓ **Cas 1** : Si extraction réalisable sous 24 H : Aucun ajout de solvant.

✓ **Cas 2** : Si extraction non réalisable sous 24 H : Ajouter du solvant.

Réaliser l'extraction dans les 72 H.

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse

La verrerie utilisée au laboratoire doit être ambrée pour éviter les phénomènes de dégradation

Remise à température ambiante en vue de l'analyse

Des blancs de verrerie doivent être réalisés

Stockage et conservation

Stockage à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ à l'abri de la lumière

Sensibilité :

Niveau NQ/3 atteint : oui

- ✓ chromatographie en phase liquide haute performance/détection par fluorescence (CLHP/Fluo) : NQE/3 atteignable
- ✓ chromatographie en phase gazeuse / détection par spectrométrie de masse (CG/SM) : NQE/3 atteignable

EAUX USEES (INERIS, 2005)**Prélèvements et conditionnement**

Les échantillons d'eau sont prélevés dans des flacons en verre brun munis de bouchons en téflon. Le volume prélevé doit être de 0,5 ou 1 L.

Pour les eaux du robinet, il convient de laisser couler l'eau quelques minutes avant de remplir le flacon.

Pour les eaux de surface, le flacon doit être immergé dans la masse d'eau et rempli en évitant de prélever la couche d'eau superficielle.

Pour les échantillons d'eau chlorée, du thiosulfate doit être ajouté au moment du prélèvement.

Les échantillons sont ensuite transportés et/ou stockés à environ $+4^\circ\text{C}$ et à l'abri de la lumière.

L'extraction doit être effectuée dans les 24h suivant le prélèvement. Si tel n'est pas le cas, il est conseillé d'ajouter le solvant d'extraction directement dans la bouteille de prélèvement et d'agiter les deux phases. Ce prétraitement permet d'allonger la durée de stockage avant extraction à 72h.

Extraction / préparation

Les HAP contenus dans 100 à 1 000 ml d'eau sont extraits en deux étapes successives par extraction liquide/liquide avec un solvant organique apolaire à peu polaire, tels que l'hexane, le cyclohexane ou le dichlorométhane.

Pour des eaux usées (eaux de station d'épuration, eaux de rejet industriel) ou fortement concentrées en HAP, il est conseillé d'effectuer l'extraction sur l'échantillon d'eau dilué avec de l'eau distillée. L'extrait est ensuite séché sur sulfate de sodium anhydre et reconcentré à l'évaporateur rotatif, puis sous flux d'azote.

Si nécessaire, pour des eaux de surface ou autres échantillons d'eaux contaminées, l'extrait est purifié sur micro-colonne phase alumine/sulfate de sodium ou gel de silice. Puis, en fonction de la technique choisie pour l'analyse et le dosage des solutés, après re-concentration des extraits, les HAP sont re-dissous dans un solvant approprié.

Remarque : les HAP étant des composés facilement adsorbés sur les matières en suspension (MES), lors de l'analyse d'eaux usées chargées en MES, la totalité de l'échantillon (i.e. eau non filtrée) doit être analysée. Dans le cas d'eaux de surface, une différenciation entre les concentrations en HAP dissous et non dissous peut s'avérer souhaitable. Ainsi pour une charge importante en matière en suspension (à titre indicatif, MES supérieures à 200 mg/l), il est recommandé de filtrer l'eau et d'extraire séparément la fraction dissoute et la fraction particulaire.

Dosage

L'analyse et le dosage des HAP sont effectués :

- ✓ Soit par chromatographie en phase liquide (sur phase inverse, colonne greffée C_{18} , phase mobile méthanol ou acétonitrile / eau en isocratique ou en gradient) couplée une détection par spectrophotométrie ultra-violet ou / et par fluorimétrie (CLHP/UV et / ou fluorimétrie), avec un dosage par étalonnage externe,
- ✓ Soit par chromatographie en phase gazeuse (colonne capillaire, phase stationnaire faiblement polaire) couplée à un détecteur à ionisation de flamme (CPG/FID), avec un dosage par étalonnage externe ou interne,
- ✓ Soit par chromatographie sur couche mince haute performance couplée à une détection par fluorimétrie (CCMHP/fluorimétrie).

NORMES APPLICABLES AUX EAUX**NF T 90-115 (septembre 1988) : Essais des eaux – dosage de 6 hydrocarbures aromatiques polycycliques – Méthode par chromatographie liquide haute pression (CLHP).**

Domaine d'application : Cette méthode s'applique à la détermination de 6 HAP dans les eaux potables et les eaux de surface. La limite de détection mentionnée pour le **fluoranthène** est de 10 ng/L.

Principe : Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide au cyclohexane. Après séchage, reconcentration et éventuellement purification sur micro-colonne alumine/sulfate de sodium, l'extrait est évaporé à sec et repris dans du méthanol ou de l'acétonitrile. L'analyse est effectuée par CLHP/fluorimétrie.

Pour des eaux ayant des niveaux de MES supérieurs à 200 mg/L, l'eau est filtrée, la fraction dissoute et la fraction particulaire sont extraites séparément en plusieurs extractions successives.

Il est recommandé de répéter l'extraction liquide/liquide 3 fois si MES > 200 mg/L.

Sensibilité :

Limite de détection indiquée LD = 0,010 µg/L (Données issues du domaine d'application de la norme)

Niveau NQE/3 atteint : oui

Interférences

Tout composé donnant lieu à ou atténuant la fluorescence et ayant des propriétés chromatographiques similaires à celles des HAP recherchés peut interférer. En particulier, la présence dans l'échantillon d'autres HAP que les 6 analysés par cette méthode peut donner lieu à des interférences. Afin d'y remédier, il convient soit de procéder à une purification sur micro-colonne, soit de travailler aux longueurs d'onde d'excitation et d'émission spécifiques des composés recherchés, soit encore de procéder par addition d'étalon (méthode des ajouts dosés).

NF ISO DIS 17993 (version de février 2000) : Qualité de l'eau - Détermination des 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau par CLHP avec détection de fluorescence.

Domaine d'application : Cette norme s'applique à l'analyse de 15 HAP, **dont le fluoranthène**, dans les eaux potables et les eaux de surface. Elle peut être étendue à l'analyse d'autres HAP si des essais au laboratoire permettent de démontrer son applicabilité à ces composés supplémentaires. Les limites de détection mentionnées sont de 0,005 µg/L et de 0,01 µg/L, respectivement pour les eaux potables et pour les eaux de surface.

Principe : Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide à l'hexane. Après séchage, reconcentration et éventuellement purification sur micro-colonne de silice, le solvant est échangé par du méthanol ou de l'acétonitrile et l'extrait est analysé par CLHP/fluorimétrie.

Pour des eaux usées (STEP, eaux de rejet industriel) ou fortement concentrées en HAP, l'extraction est effectuée sur l'échantillon dilué au 1/2 avec de l'eau distillée.

Sensibilité :

Limite de quantification usuelle LQ = 0,001 µg/L (Données obtenues à l'INERIS)

Niveau NQE/3 atteint : oui

Interférences

Les interférences peuvent être liées à l'échantillonnage et à l'extraction :

- ✓ Les récipients d'échantillonnage et de stockage doivent être constitués de matériaux inertes tels que verre ou acier. Il est recommandé de ne pas utiliser de matières plastiques ou toute autre matière organique à cause de leur capacité d'adsorption générant des pertes en HAP. De même pour les échantillonneurs automatiques, il convient d'éviter l'emploi de tubes en silicone ou en caoutchouc. L'évaporation à sec des extraits peut générer des pertes sévères en HAP à 2 ou 3 noyaux.
- ✓ D'autres interférences peuvent résulter de l'analyse par CLHP. Ainsi tout composé donnant lieu à ou atténuant la fluorescence et ayant des propriétés chromatographiques similaires à celles des HAP recherchés peut interférer. En particulier, on signalera des interférences liées à la présence d'autres HAP : problème de séparation pour le naphthalène et le phénanthrène et pour le dibenzo[ah]anthracène et l'indéno[1, 2, 3-cd]pyrène, pics incomplètement résolus.
- ✓ De même, le pérylène est incomplètement résolu du benzo[b]fluoranthène, mais à une longueur d'onde adéquate le pic du pérylène peut être supprimé. Les résidus de solvants employés pour le prétraitement de l'échantillon (hexane, acétone, dichlorométhane) interfèrent sur la qualité de la séparation chromatographique (pic plus large, voire dédoublement de pics) surtout pour les HAP à 2 à 3 noyaux). La présence d'oxygène dissous dans la phase mobile ou éluant peut réduire l'intensité de fluorescence de certains HAP ; il faut donc maintenir la teneur en oxygène dissous la plus faible et la plus constante possible en dégazant l'éluant avec de l'hélium ou sous vide.
- ✓ Enfin, au cours du prélèvement, de l'extraction et de l'analyse, les échantillons doivent être protégés de l'exposition à la lumière directe du soleil, qui peut entraîner la dégradation des HAP.

ISO/DIS 7981-1 (avril 2002) : Qualité de l'eau – Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) – Partie 1 : Détermination de six HAP par chromatographie de haute performance sur couche mince avec détection fluorimétrique.

Domaine d'application : Cette norme s'applique à l'analyse de 6 HAP, **dont le fluoranthène**, dans l'eau potable, sur une gamme de concentrations allant de 40 à 240 ng/L.

Principe : Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide au cyclohexane. Les extraits sont reconcentrés à sec, le résidu est repris dans un solvant approprié puis est analysé par chromatographie sur couche mince haute performance (CCMHP) couplée à une détection par fluorescence. Si besoin, une purification de l'extrait sur micro-colonne de silice est effectuée avant l'analyse.

Interférences

- ✓ Lors du prélèvement, du stockage et de l'analyse, tout contact de l'échantillon avec des matériaux plastiques doit être évité.
- ✓ Tout composé donnant lieu à ou atténuant la fluorescence et ayant des propriétés chromatographiques similaires à celles des HAP recherchés peut interférer. Afin de remédier à cela, il est recommandé de travailler aux longueurs d'onde d'excitation et d'émission spécifiques des composés recherchés.

ISO 7981-2 (2005) : Qualité de l'eau – Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) – Partie 2 : Détermination de six HAP par chromatographie en phase liquide à haute performance avec détection fluorimétrique à la suite d'une extraction liquide-liquide (HPLC/Fluo - 1 seule extraction)

Domaine d'application : Cette norme s'applique à l'analyse de 6 HAP, dont le fluoranthène, dans les eaux potables minérales ou du robinet et dans les eaux brutes souterraines ou de surface, à des niveaux de concentrations supérieurs à 5 ng/L.

Principe : Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide au cyclohexane, les extraits sont ensuite reconcentrés à sec et le résidu est repris dans un solvant permettant une analyse ultérieure par CLHP/fluorimétrie. Dans le cas d'eaux de surface et autres échantillons d'eau contaminés, il peut être nécessaire d'opérer une purification de l'extrait sur micro-colonne de silice. Les HAP étant des composés facilement adsorbés sur les matières en suspension, la totalité de l'échantillon doit être analysé. Dans le cas d'eau de surface, il est souhaitable de faire une différenciation entre concentrations en HAP dissous et non dissous.

Sensibilité :

Limites de quantification usuelles

- pour les eaux souterraines LQ = 0,01 à 0,05 µg/l (Données issues du domaine d'application de la norme)
- pour les eaux de surface LQ = 1 µg/l (Données issues du domaine d'application de la norme)

Niveau NQE/3 atteint : oui

Interférences

- ✓ Lors du prélèvement, du stockage et de l'analyse, tout contact de l'échantillon avec des matériaux plastiques doit être évité.
- ✓ Tout composé donnant lieu à ou atténuant la fluorescence et ayant des propriétés chromatographiques similaires à celles des HAP recherchés peut interférer. Afin d'y remédier, il est conseillé de travailler aux longueurs d'onde d'excitation et d'émission spécifiques des composés recherchés. La vérification de l'absence d'interférents peut aussi se faire en utilisant la technique des ajouts dosés.

ISO 28540 (2009) (Qualité de l'eau)

Domaine d'application : Dosage de 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau - Méthode par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse (CG/SM)

Principe : Extraction liquide/liquide

Sensibilité : LQ usuelles :

- 0,005 µg/L (eaux potables, eaux souterraines) (Données issues du domaine d'application de la norme.
- 0,01 µg/L (eaux de surface) (Données issues du domaine d'application de la norme.

Niveau NQE/3 atteint : oui

US EPA method 610 – Methods for organic chemical analysis of municipal and industrial wastewater : Polynuclear aromatic hydrocarbons.

Domaine d'application : Cette méthode s'applique à l'analyse de 16 HAP, dont le fluoranthène, dans les eaux de rejet municipales ou industrielles. Pour le fluoranthène, le rendement de la méthode est de l'ordre de 68 %, la limite de détection est de 210 ng/L.

Principe : Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide au dichlorométhane, les extraits sont ensuite séchés puis reconcentrés. L'analyse est effectuée soit par CLHP/UV et fluorimétrie, soit par CPG/FID. En fonction des échantillons étudiés, une procédure de purification des extraits sur gel de silice est également décrite.

Interférences

- ✓ Des interférences peuvent être liées aux réactifs, aux solvants ou à la verrerie.
- ✓ La matrice étudiée peut également être source d'interférence.
- ✓ De plus, même si les méthodes chromatographiques ont été optimisées pour la détection des HAP, des problèmes d'interférences ou de co-élution peuvent être rencontrés lors de l'analyse de certains échantillons.

US EPA method 8100 (September 1986) – Polynuclear aromatic hydrocarbons.

Domaine d'application : Cette méthode s'applique à l'analyse de 24 HAP, dont le fluoranthène, à des concentrations de l'ordre du µg/L, dans les eaux et les sols.

Principe : La méthode décrit la séparation et l'analyse des HAP par CPG/FID. Cette analyse requiert la mise en œuvre préalable d'une étape d'extraction appropriée (US EPA méthode 3510 ou 3520 pour les eaux et méthode 3540 ou 3550 pour les sols). Avant dosage, il est recommandé de confirmer l'identité des composés détectés par CPG/SM.

Interférences

- ✓ Des problèmes d'interférences peuvent être dus aux solvants, aux réactifs ou à la verrerie. Les réactifs et solvants doivent être de haute pureté. Il peut être nécessaire de distiller les solvants pour les purifier. Il convient de montrer par l'analyse de blanc de verrerie que tout le matériel utilisé est exempt d'interférence.
- ✓ Des interférences peuvent également provenir de la matrice particulière analysée. Il est alors possible de recourir à une purification complémentaire soit classique soit spécifique en fonction du problème rencontré.

US EPA method 8310 (septembre 1986) - Polynuclear aromatic hydrocarbons.

Domaine d'application : Cette méthode s'applique à l'analyse, dans les eaux et les sols, de 16 HAP, dont le fluoranthène, à des limites de concentrations variant de la dizaine de ng/L à la dizaine de µg/L selon la matrice (eau de boisson ou souterraine, sol). Des essais inter-laboratoires sur des eaux de référence, des eaux potables, des eaux de surface et des eaux de rejet industriel ont montré que la précision et la justesse de la méthode étaient davantage dépendantes du niveau de concentration analysé sur une gamme variant de 0,1 à 500 µg/L que de la matrice testée.

Principe : La méthode décrit la séparation et l'analyse des HAP par CLHP/UV et fluorimétrie. Cette analyse requiert la mise en œuvre préalable d'une étape d'extraction appropriée (US EPA méthode 3510 ou 3520 pour les eaux et méthode 3540 ou 3550 pour les sols).

Interférences

- ✓ Des problèmes d'interférences peuvent être dus aux solvants, aux réactifs ou à la verrerie. Les réactifs et solvants doivent être de haute pureté. Il peut être nécessaire de distiller les solvants pour les purifier. Il convient de montrer par l'analyse de blanc de verrerie que tout le matériel utilisé est exempt d'interférence.
- ✓ Des interférences peuvent également provenir de la matrice particulière analysée. Il est alors possible de recourir à une purification complémentaire soit classique soit spécifique en fonction du problème rencontré.
- ✓ Les autres HAP présents ainsi que les artéfacts liés à la matrice peuvent interférer sur l'analyse.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et modification de process**

Le fluoranthène est en général un sous-produit de l'activité industrielle. A ce titre il est difficile d'envisager des solutions de substitution.

L'industrie pétrolière et celle du caoutchouc cherchent des substituts aux HAP dans les pneumatiques. D'après les compagnies pétrolières, il existe principalement deux huiles alternatives possibles : les "MES" (Mild Extract Solvate) et les "TDAE" (Treated Distillate Aromatic Extracts). Il n'est pas encore certain qu'ils puissent servir de substituts complets : d'une part la question de leur disponibilité se pose ; d'autre part il n'est pas certain qu'ils permettent d'atteindre les mêmes qualités en termes d'adhérence au sol. (RMC, 2010)

Dégradabilité abiotique

Il n'existe pas de données expérimentales sur l'hydrolyse du fluoranthène. Cependant, l'hydrolyse du fluoranthène est probablement négligeable compte tenu de sa structure moléculaire. (INERIS, 2005)

Biodégradabilité

Les rares données expérimentales qui ont pu être trouvées sur des essais en milieux aqueux montrent que le fluoranthène est peu biodégradable : Des demi-vies de 560 à 1 760 jours en milieu aqueux sur des souches non adaptées ont été estimées. En première approche, une demi-vie de 1 500 jours peut être proposée. (INERIS, 2005)

Traitement par voie biologique

La structure moléculaire des HAP rend le traitement de cette molécule très délicat. Il a été constaté un abattement significatif des HAP dans les stations biologiques urbaines. Ces composés présentant une forte affinité pour les matières en suspension, ils sont majoritairement piégés dans les boues. On peut donc calquer le taux d'abattement des HAP sur celui des matières en suspension totales (MEST). (RMC, 2010)

Sur une station biologique on envisagera donc trois voies de réduction des HAP :

- l'élimination par décantation
- l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- l'élimination par dégradation bactérienne

On peut ainsi atteindre des rendements de l'ordre de 98 %. (RMC, 2010)

Traitement par séparation de phases (RMC, 2010)

La séparation de l'huile et de l'eau peut être réalisée :

- avec un cyclone
- par de la micro filtration sur un séparateur API (American Petroleum Institute), lorsque l'on peut s'attendre à de grandes quantités de pétrole libre ou d'hydrocarbures ou un intercepteur à plaques

Traitement par oxydation à l'air humide

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micropolluants (taux d'élimination de 99%) (RMC, 2010)

Traitement à l'ozone

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micropolluants (taux d'élimination de 99%) (RMC, 2010)

Traitement par stripping

Selon (RMC, 2010) le stripping est un procédé adapté au traitement des effluents aqueux contenant des HAP

REFERENCES

AQUAREF Fluoranthène - Substances de la Directive Cadre Eau [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - mise à jour du 27/09/10. - <http://www.aquaref.fr/>.

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS Fluoranthène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - 39 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - Version n°1 du 3 mars 2005. - NERIS-DRC-01-25590-01DR123.doc.

INERIS Fluoranthène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-t. - Mise à jour du 17/03/2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 15 pages.

INERIS La goudron dans les déchets du réseau routier - étude bibliographique & méthodes de caractérisation rapide [Rapport] : Rapport Bibliographique - Caractérisation des déchets / INERIS - Unité déchets et sites pollués - Direction des Risques Chroniques. - 2001. - p. 85 pages.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

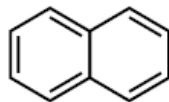
RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

toxnet [Section]. - 1984.

HAP - NAPHTALENE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**⁷²

- naphthaline
- naphthalène
- naphtène

Formule semi-développée : C₁₀H₈**N° CAS** : 91-20-3**Formule développée**

Famille :

HAP
Hydroc. aromatique polycyclique
POPs

Propriétés physico-chimiques :

Taille de la molécule : 150 µm (Jourdain, et al., 2007)

Masse molaire : 128,2 (Jourdain, et al., 2007)

Solubilité dans l'eau : 32 mg/l à 20°C (RMC, 2010)

31,8 mg/l à 25°C (30 - 34) (INERIS, 2011)

Pression de vapeur : 7,2 Pa à 20 °C (RMC, 2010)

6,5 - 7,2 (INERIS, 2011)

10,5 Pa à 25 °C (RMC, 2010)

10 - 11,6 (INERIS, 2011)

Point éclair : 79°C (RMC, 2010)

Temps de ½ vie dans le sol : de 0,21 à 766 j en milieu aérobie (Jourdain, et al., 2007)
de 25 à 258 j en milieu anaérobie (Jourdain, et al., 2007)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 150 jours (INERIS, 2011)

Constante de Henry : 48,9 Pa·m³/mol à 25°C (37,5 - 48,9 à 20 - 25 °C) (INERIS, 2011)

Log Kow : 3,3 (Jourdain, et al., 2007)

3,4 (3,3 - 3,7) (INERIS, 2011)

Koc : 1 250 l/kg (378 - 3 200) (INERIS, 2011)

Log Koc : 3,15 (Jourdain, et al., 2007)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Le naphthalène sodium peut s'enflammer à l'air spontanément (Leleu, et al., 2004)
- Réactions explosives du naphthalène au contact de pentaoxyde d'azote (Leleu, et al., 2004)
- Le naphthalène sodium est hydrolysé avec violence au contact de l'eau (Leleu, et al., 2004)
- Le dinitronaphthalène forme des mélanges explosifs sensibles aux chocs avec du sodium ou un alliage sodium-potassium (Leleu, et al., 2004)

Production involontaire par les industries du déchet :

Les HAP, dont le naphthalène, sont susceptible d'être générés lors des processus de combustion.

Métabolites connus :Métabolites dans les sols : acide salicylique ; catéchol ; acide gentisique ; acide 2-naphtoïque ; 1,2-dihydroxynaphthalène ; acide 1-hydroxy-2-naphtanoïque ; acide 2-hydroxy-3-naphtoïque ; CO₂ (Jourdain, et al., 2007)**Toxicité et écotoxicité** :NQE-MA⁷³ : 2,4 µg/l (Dir. 2008/105/CE)NQE-CMA⁷⁴ : sans objet (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 0,05 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC eau douce : 12 µg/l (INERIS, 2011)

⁷² Liste non exhaustive⁷³ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle⁷⁴ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible**Occurrence du naphthalène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011)** :Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés⁷⁵ du secteur 3 est de **348,4 g/j**, (198 sites - 1 047 mesures - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction).**Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets****Le naphthalène fait partie des substances analysées systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5.** Les données ci-dessus peuvent donc être considérées comme représentatives.Selon ces données, **le naphthalène est une substance d'intérêt pour les rejets du sous secteur 3.2 (Installations de stockage de déchets non dangereux)** : 4 rejets supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction). Le flux moyen réglementaire total formaté est de 328,2 g/j pour le sous secteur 3.2.**Traitabilité**⁷⁶

Le naphthalène est une molécule à forte affinité pour les MES et relativement biodégradable

Des rendements de l'ordre de 98 % sont atteints avec des traitements classiques :

- ✓ l'élimination par décantation
- ✓ l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- ✓ l'élimination par dégradation bactérienne

Traitements possibles :**Traitement à l'ozone****Coagulation/floculation/séparation** (Les rendements d'épuration les plus importants (98 %) sont observés dans les stations pratiquant un traitement biologique secondaire.)**Oxydation par voie humide** : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité.**Traitement par stripping****Traitement par oxydation thermique**Dans le cadre de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, les HAP résiduels sont éliminés par des traitements par **adsorption sur charbon actif** en poudre ou en grain⁷⁵ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné⁷⁶ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC⁷⁷ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁷⁸**
 - Le naphtalène est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - Le naphtalène fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau", isolément, **il n'est pas** identifié comme "substance dangereuse prioritaire"
 - Dans l'annexe II, la famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans leur ensemble est identifiée comme "substances dangereuses prioritaires"
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁷⁹**
 - Le naphtalène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁸⁰.
 - les distillats de goudron de houille, huiles de naphtalène; huile naphtalénique (CAS n° 84650-04-4) sont soumis à des restrictions d'usage (annexe XVII)
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Susceptible de provoquer le cancer, cat.de danger 2
Acute Tox. 4	H302	Nocif en cas d'ingestion
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁸¹**
 - annexe A : le naphtalène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁸²

⁷⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁷⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁷⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁸⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁸¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁸² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁸³**
 - Annexe 1 : le naphtalène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,05 µg/L

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les HAP se forment naturellement lors des réactions de combustions et peuvent en être des sous-produits non-intentionnels.

Secteurs mettant en jeu de la combustion ou de l'incinération (RMC, 2010)

La présence du naphtalène dans les rejets industriels est principalement due aux activités de combustion et d'incinération en particulier celles qui font appel à des énergies fossiles.

Les activités suivantes sont susceptibles de produire des HAP soit à partir de dérivés de combustibles fossiles, soit suite à des combustions :

- raffinage, dépôts et terminaux pétroliers, site de mélange et conditionnement de produits pétroliers
- regroupement, prétraitement des déchets dangereux
- fusion du verre et cristallerie
- centrale thermique de production d'électricité
- industrie du plastique
- sidérurgie, fonderie, production et/ou transformation de métaux ferreux et de métaux non ferreux (émissions des fours à charbon et des fours à fioul).

Le naphtalène est présent dans les résidus de distillation et d'extraction alcaline du charbon, de la houille, des huiles minérales, ainsi que dans les huiles de goudron de houille, dans les huiles résiduelles de pyrolyse, dans les huiles de créosote

Secteurs des industries du déchet

- ✓ Les UIOM (Unités d'Incinération d'Ordures Ménagères) mettant en œuvre des procédés de combustion peuvent émettre des HAP, dont le naphtalène.
- ✓ La créosote, utilisée en substitution du pentachlorophénol pour le traitement du bois est source d'émission de HAP, en particulier d'anthracène et de naphtalène. (INERIS, 2005)

⁸³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRODUCTION / UTILISATIONS**Synthèse / production**

Le naphtalène peut être produit à partir de goudron de houille ou de pétrole. La distillation du goudron est le moyen de production le plus répandu. La fraction la plus riche en naphtalène est refroidie et le naphtalène cristallisé recueilli est raffiné par distillation, lavage ou sublimation. (INERIS, 2011)

Depuis 1960, la production à partir du pétrole par désalkylation des méthylnaphtalènes en présence d'hydrogène à haute température et pression s'est également développée. (INERIS, 2011)

Utilisation en général

Le naphtalène est principalement utilisé comme **intermédiaire** dans la fabrication d'anhydride phtalique (plus de 60 % de la production) servant à produire des phtalates, plastifiants, résines, teintures, répulsifs pour insectes etc... (INERIS, 2011)

Il est également utilisé dans la fabrication de produits destinés au **tannage du cuir** et entre dans la composition d'**agents tensio-actifs** (sulfonates de naphtalène et dérivés utilisés comme dispersants ou agents mouillants en peinture, teinture et formulation de papier d'emballage). Le naphtalène est également utilisé comme **répulsif pour les mites** ("naphtaline"). (INERIS, 2011)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique de l'anthracène dans les procédés des industries du déchet
- Production involontaire possible lors de l'incinération - de la combustion - de matières organiques

Les activités suivantes sont susceptibles de produire des HAP de façon non intentionnelle, soit à partir de dérivés de combustibles fossiles, soit suite à des combustions (RMC, 2010) :

- **secteur regroupement, pré-traitement des déchets dangereux (3.1)**
- **secteur UIOM (3.3)**
- **secteur autres sites de traitement ou stockage de déchets (3.5)**

Utilisation dans d'autres secteurs industriels**Dépôts et terminaux pétroliers, raffinage**

- Le naphtalène est un constituant du pétrole brut (1,3%), on peut le séparer par distillation fractionnée (RMC, 2010)

Colles et adhésifs

- Intermédiaire chimique dans la fabrication de résines (les résines seraient utilisées pour la fabrication de certains adhésifs) (RMC, 2010)

Fabrication de peintures

- Utilisé pour la production de naphtalènes sulfonates, agents mouillants ou dispersants des peintures (teintures) (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

- Intermédiaire dans la fabrication d'huile de dilution pour les pneumatiques (RMC, 2010)

Ennoblement textile

- Le 2-méthyl-naphtalène peut être chloré et oxydé pour former des teintures et être utilisé, en petites quantités, sous forme sulfonaté, dans l'industrie du textile (RMC, 2010)
- Dispersant ou agent mouillant en teinture (RMC, 2010)

Blanchisserie

- Dispersant ou agent mouillant en teinturerie (RMC, 2010)

Industrie du plastique

- Intermédiaire dans la fabrication de plastifiants (RMC, 2010)

Industrie de l'imprimerie

- Utilisé pour la production de naphtalènes sulfonates, utilisé comme dispersants ou agents mouillants en teinture et formulation de papier d'emballage (RMC, 2010)

Industrie du traitement des cuirs et peaux

- Utilisé pour la production de naphtalènes sulfonates, utilisé dans les industries du cuir (RMC, 2010)

Industrie du traitement, revêtement de surface

- Traitement de surface du bois : la créosote et l'anhydride phtalique sont utilisés comme insecticide, fongicide (RMC, 2010)

Chimie organique : oléfines (craquage), aromatiques, composés oxygénés, azotés, halogénés, sulfureux, phosphorés, organométallique (RMC, 2010)

- La 2^{ème} utilisation la plus importante du naphtalène est la fabrication d'anhydride phtalique, utilisé dans :
 - la fabrication de plastifiants
 - comme intermédiaire pour la synthèse des résines polyesters insaturés et résines alkydes
 - intermédiaire dans la synthèse d'insecticides, fongicides, d'acide benzoïque, de colorants, de produits pharmaceutiques, de parfums...
- Production de naphtalène sulfonates
- Production de créosote (et sels)

Installation de mise en œuvre de produits de traitement du bois

- Fabrication de créosote pour la protection du bois (RMC, 2010)

Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires

- Utilisé sous forme de créosote dans les insecticides (RMC, 2010)
- Utilisé directement comme antimites (naphtaline) (RMC, 2010)
- L'anhydride phtalique est utilisé comme intermédiaire de synthèse d'insecticides et de fongicides, notamment répulsif pour les mites (boules de naphtaline) (RMC, 2010)
- Utilisé pour la production de naphtalènes sulfonates, utilisé dans les industries de pesticides (RMC, 2010)

Autres secteurs

- Utilisé pour la production de naphtalènes sulfonates, utilisé dans les bétons (RMC, 2010)
- Le 1-méthyl-naphtalène est utilisé comme substance de test pour déterminer la capacité d'ignition des carburants diesel (RMC, 2010)
- Le 2-méthyl-naphtalène est utilisé dans la production de vitamine K (RMC, 2010)
- Intermédiaire chimique pour la production de désinfectants, produits pharmaceutiques (RMC, 2010)
- Entre dans la fabrication de disques abrasifs poreux vitrifiés (RMC, 2010)

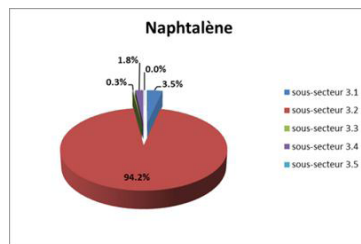
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de naphtalène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **348,4 g/j**, (198 sites - 1 047 mesures - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 35 sites (182 mesures - contributeur à **3,5%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **12,2 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 96 sites (514 mesures - contributeur à **94,2%** au flux du secteur 3) - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **328,2 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 33 sites (189 mesures - contributeur à 0,3% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,1 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 12 sites (53 mesures - contributeur à **1,8%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **6,4 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 19 sites (109 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,1 g/j**

Répartition des flux en naphtalène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Le naphtalène est une substance d'intérêt dans les rejets du sous-secteur 3.2 des industries du secteur des déchets

Le naphtalène fait partie des substances analysées systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5. Les données ci-dessus peuvent donc être considérées comme représentatives.

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE-2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (348 g/j), **le naphtalène est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets du sous secteurs 3.2 (Installations de stockage de déchets non dangereux) : 4 rejets supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction**. Le flux moyen réglementaire total formaté est de 328,2 g/j pour le sous secteur 3.2.

Note : cette conclusion pourra être infirmée ou confirmée à la suite de l'ajout des dernières données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Présence dans les rejets des stations d'épuration urbaines

Le projet AMPERES a montré que le naphtalène était détecté dans près de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de naphtalène dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le naphtalène est détecté dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

Le naphtalène est détecté dans l'air, tant en zone urbaine qu'en zone industrielle à des concentrations moyennes de 0,8 ng/m³ (données 2002 - 2006 en région Rhône Alpes) (INERIS, 2009-b)

Le naphtalène est volatil. Son évaporation depuis la surface du sol est importante, de même à partir de l'eau. (INERIS, 2011)

Concentrations ubiquitaires dans l'air : <1 ng/L (INERIS, 2011)

Eau & sédiments

Le naphtalène est peu soluble dans l'eau.

Concentrations ubiquitaires dans les sédiments : <2µg/kg (INERIS, 2011)

Sols

Le naphtalène est relativement mobile dans les sols, et lixiviable du fait de son adsorption modérée. (INERIS, 2011)

Concentrations ubiquitaires dans les sols : <2µg/kg (INERIS, 2011)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles et certaines des HAP en général, et du naphthalène en particulier dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**03 Déchets de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, pâte à papier, papier et carton**

- 03 02 Déchets des produits de protection du bois
 - 03 02 01* composés organiques non halogénés de protection du bois

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

- 05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole
 - 05 01 07* goudrons acides
 - 05 01 08* autres goudrons et bitumes
- 05 06 Déchets provenant du traitement pyrolytique du charbon
 - 05 06 01* goudrons acides
 - 05 06 03* autres goudrons 10 Déchets provenant de procédés thermiques

10 Déchets provenant de procédés thermiques

- 10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium
 - 10 03 17* déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes
- 10 08 Déchets provenant de la pyrométallurgie d'autres métaux non ferreux
 - 10 08 12* déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 03 Mélanges bitumineux, goudron et produits goudronnés
 - 17 03 01* mélanges bitumineux contenant du goudron
 - 17 03 03* goudron et produits goudronnés
- 17 04 Métaux (dont leurs alliages)
 - 17 04 10* câbles contenant des hydrocarbures, du goudron ou d'autres subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 11 Déchets provenant de la régénération de l'huile
 - 19 11 02* goudrons acides

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon**

- 05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole
 - 05 01 03* boues de fond de cuves
 - 05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant de la maintenance de l'installation ou des équipements

06 Déchets des procédés de la chimie minérale

- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
 - 06 13 05* suies

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
 - 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 Déchets provenant de la FFDU de produits de revêtement (peintures, vernis, émaux vitrifiés), mastics et encres

- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
 - 08 03 07 boues aqueuses contenant de l'encre
 - 08 03 12* déchets d'encres contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 14* boues d'encre contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 19* huiles dispersées

10 Déchets provenant de procédés thermiques

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
 - 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
 - 10 01 02 cendres volantes de charbon
 - 10 01 03 cendres volantes de tourbe et de bois non traité
 - 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 - 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 - 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses

10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier

- 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
- 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
- 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
- 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11
- 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées

- 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
- 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
- 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
- 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
- 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

13 04 Hydrocarbures de fond de cale

- 13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
- 13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de môles
- 13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
- 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
- 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 01 Béton, briques, tuiles et céramiques

- 17 01 06* mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles, céramiques avec des subst. dangereuses

17 02 Bois, verre et matières plastiques

- 17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
- 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

17 09 Autres déchets de construction et de démolition

- 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets

- 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
- 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
- 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
- 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
- 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses
- 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
- 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
- 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17

19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (dont déchromatation, décyanuration, neutralisation)

- 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
- 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
- 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses

19 07 Lixiviats de décharges

- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs

- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

19 11 Déchets provenant de la régénération de l'huile

- 19 11 07* déchets provenant de l'épuration des gaz de combustion

19 12 Déchets du traitement mécanique des déchets (ex, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs

- 19 12 01 papier et carton

19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines

- 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
- 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
- 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
- 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

- 20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses

20 03 Autres déchets municipaux

- 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (AQUAREF)

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et du volume à prélever.

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches, etc...) pour le remplissage des flacons

Système de prélèvement en inox ou en verre brun

Si des parties en matériau plastique sont inévitables dans le système de prélèvement, rincer le système avec au moins 3 fois le volume de l'échantillon.

Dans tous les cas, s'assurer de l'absence de phénomènes d'adsorption et de désorption du système de prélèvement (blanc du système de prélèvement)

A cause de sa volatilité, prévoir au moins 2 échantillons pour 1 prélèvement.

Prétraitement et transport

Flacons scellés et ambrés fortement conseillé ou flacons en verre brun non pelliculés prétraités (calcination, rinçage solvant)

Et bouchons préalablement lavés contenant capsule en polymères fluorés ou feuille de papier aluminium

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette-test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/L), ajouter avant le prélèvement 80 mg de Na₂S₂O₃, 5H₂O (NF EN ISO 5667-3 : 2003) pour 1 000 ml d'échantillon dans le récipient.

Remplir le flacon jusqu'à l'épaulement

Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C pour début d'analyse sous un délai de 24 H

Réception par le laboratoire dans les 24 H au plus tard

Prétraitement au laboratoire

Le naphtalène étant une substance volatile, la filtration de l'échantillon est à proscrire.

- ✓ **Cas 1** : Si extraction réalisable sous 24 H : Aucun ajout de solvant.
- ✓ **Cas 2** : Si extraction non réalisable sous 24 H : Ajouter du solvant.

Réaliser l'extraction dans les 72 H.

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse.

La verrerie utilisée au laboratoire doit être ambrée pour éviter les phénomènes de dégradation.

Remise à température ambiante en vue de l'analyse.

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Stockage et conservation

Stockage à 4 ± 2°C à l'abri de la lumière.

Sensibilité :

NQE/3 atteinte : oui

1. chromatographie en phase liquide haute performance/détection par fluorescence (CLHP/Fluo) : le niveau NQE/3 est atteignable
2. chromatographie en phase gazeuse / détection par spectrométrie de masse (CG/SM) : le niveau NQE/3 est atteignable

EAUX (INERIS, 2011)**Prélèvements et conditionnement**

Le prélèvement est réalisé en flacon en verre. Au moment du prélèvement, le flacon doit être bien rincé avec l'eau à analyser. L'emploi de flacon en verre ambré est fortement conseillé pour éviter toute dégradation due à la lumière. Lors du transport, les brusques variations de température sont à éviter. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4 ± 2°C) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'échantillon d'eau est extrait :

- ✓ Soit par extraction liquide/liquide par un solvant organique de type apolaire à peu polaire (exemples : hexane, cyclohexane, dichlorométhane) généralement en ampoule à décanter (une à trois extractions),
- ✓ Soit par extraction liquide/solide sur cartouche ou disque

Dosage

Le dosage est réalisé :

- ✓ par chromatographie en phase gazeuse avec détection à ionisation de flamme (FID), ou avec détection par spectrométrie de masse (SM), ou avec détection à photoionisation (PID),
- ✓ par chromatographie en phase liquide avec un détecteur à fluorescence (CLHP/Fluo), ou avec un détecteur UV (CLHP/UV).

Pour chaque système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente.

NORMES APPLICABLES AUX EAUX**NF EN ISO 5667-3 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (juin 2004)**

Domaine d'application : Cette méthode donne les principes généraux sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau ponctuels et composites, vers un laboratoire d'analyse.

Principe : Cette méthode indique le meilleur flaconnage et stabilisant préconisé pour chaque paramètre. Les machines et matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire de contaminant.

Interférences :

- ✓ Se méfier de tout contaminant pouvant gêner l'analyse du paramètre.

NF ISO 15680 - Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie en phase gazeuse d'un certain nombre d'hydrocarbures aromatiques monocycliques, du naphthalène et de divers composés chlorés par dégazage, piégeage et désorption thermique (2004).

Domaine d'application : Cette norme internationale décrit une méthode générale de dosage d'hydrocarbures aromatiques monocycliques, du naphthalène et de divers composés chlorés dans l'eau potable, l'eau souterraine, l'eau de surface, l'eau de mer et les eaux résiduaires (diluées).

En fonction du type de détecteur utilisé, la plage de travail typique va des limites inférieures de détection 10 ng.L⁻¹ jusqu'à 100 µg.L⁻¹.

Principe : L'analyse est réalisée par dégazage dynamique et piégeage suivis d'une quantification par chromatographie en phase gazeuse.

Un volume fixe d'échantillon est dégazé par un gaz inerte pour extraire les composés volatils qui sont ensuite adsorbés.

Le piégeage peut se faire, soit sur un piège garni de substance adsorbante (couplé ou non avec un système de cryofocalisation), soit directement sur un piège capillaire froid.

Une fois le dégazage terminé, le piège est chauffé pour désorber les composés volatils qui sont ensuite quantifiés par chromatographie en phase gazeuse.

La détection est réalisée de préférence par spectrométrie de masse en mode impact électronique (EI) mais d'autres détecteurs sont envisageables après vérification.

Sensibilité :

Limite de détection est indiquée LD = 0,01 µg/L,

LQ indiquée est Analyse par CG/SM : LQ usuelles : 0.03 µg/L (Données issues du domaine d'application de la norme : 3xLD)

Niveau NQE/3 atteint : oui

Interférences :

- ✓ L'utilisation d'une détection par spectrométrie de masse rend peu probable les interférences non maîtrisées de pics co-élus.
- ✓ La contamination des échantillons peut être introduite à toutes les étapes du mode opératoire d'analyse :
 - au cours du processus d'échantillonnage, les composés organiques volatils peuvent subir une évaporation ou un dégazage pendant le processus d'échantillonnage, le transport, le stockage ou la préparation des échantillons,
 - au cours du processus de dégazage et de piégeage, principalement due à une pureté insuffisante du gaz pour dégazage, ou à une contamination de la verrerie. Il convient que tous les matériels soient fabriqués en acier inoxydable ou en verre. L'utilisation de matériaux plastiques est à éviter,
 - au cours du processus de désorption thermique, durant lequel l'absence de points froids doit être surveillée.
- ✓ La réalisation d'analyses à blanc permet de maîtriser la probabilité de telles interférences.

NF ISO 17993 : Qualité de l'eau - Détermination des 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau par HPLC par fluorescence après extraction Liquide- Liquide (juillet 2004)

Domaine d'application : Cette norme spécifie une méthode pour la détermination de 15 HAP sélectionnés dans l'eau potable, les eaux souterraines à des concentrations supérieures à 0,005 µg/L, et les eaux de surface à des concentrations supérieures à 0,01 µg/L.

Il est possible d'analyser d'autres hydrocarbures aromatiques polycycliques selon le présent mode opératoire, mais il convient d'en étudier l'applicabilité à chaque cas particulier.

Principe : Les HAP sont extraits de l'eau par extraction liquide/liquide à l'hexane, puis séchés, reconcentrés et éventuellement purifiés sur micro-colonne de silice. Le solvant est substitué par du méthanol ou de l'acétonitrile et l'extrait est analysé par chromatographie en phase liquide haute performance avec détection par fluorescence (HPLC/fluor). Pour des eaux usées (eaux de station d'épuration-STEP, eaux de rejet industriel) ou fortement concentrées en HAP, l'extraction est effectuée sur un échantillon dilué au ½ avec de l'eau distillée.

Sensibilité :

CLHP/Fluo 1 seule extraction : LQ usuelles : 0.001 µg/L (Données obtenues à l'INERIS)

Niveau NQE/3 atteint : oui

Interférences :

- ✓ Les interférences peuvent être liées à l'échantillonnage et à l'extraction. Les récipients d'échantillonnage et de stockage doivent être constitués de matériaux inertes tels que le verre ou l'acier. Il est recommandé de ne pas utiliser de matière plastique ou toute autre matière organique à cause de leur capacité d'adsorption engendrant des pertes en HAP. De même pour les échantillonneurs automatiques, l'emploi de tubes en silicone ou en caoutchouc est à éviter. L'évaporation à sec des extraits peut engendrer des pertes sévères en HAP à 2 ou 3 noyaux.
- ✓ D'autres interférences peuvent résulter de l'analyse par chromatographie en phase liquide haute performance (HPLC). Ainsi tout composé atténuant la fluorescence et/ou ayant des propriétés chromatographiques similaires à celles des HAP recherchés, peut interférer.
- ✓ Les interférences liées à la présence d'autres HAP seront signalées (problème de séparation entre le naphthalène et le phénanthrène ou entre le dibenzo[a,h]anthracène et l'indéno[1,2,3-cd]pyrène ou entre le pérylène et le benzo[b]fluoranthène ; à une longueur d'onde adéquate le pic du pérylène peut être supprimé)
- ✓ Les résidus de solvants employés pour le prétraitement de l'échantillon (hexane, acétone, dichlorométhane) interfèrent sur la qualité de la séparation chromatographique des HAP à 2 ou 3 noyaux (pic plus large, voire dédoublement de pics)
- ✓ La présence d'oxygène dissous dans la phase mobile ou éluant peut réduire l'intensité de fluorescence de certains HAP ; il faut donc maintenir la teneur en oxygène dissous la plus faible et la plus constante possible en dégazant l'éluant avec de l'hélium ou sous vide.
- ✓ Enfin, au cours du prélèvement, de l'extraction et de l'analyse, les échantillons doivent être protégés de l'exposition à la lumière directe du soleil, qui peut entraîner la dégradation des HAP.

ISO 28540 (2009) (Qualité de l'eau)

Domaine d'application : Dosage de 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau - Méthode par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse (CG/SM)

Principe : Extraction liquide/liquide

Sensibilité : LQ usuelles :

- 0,005 µg/L (eaux potables, eaux souterraines) (Données issues du domaine d'application de la norme. Pour la norme NF EN ISO 15680, seule la limite de détection est indiquée LD = 0,01 µg/L, la LQ indiquée est 3xLD)
- 0,01 µg/L (eaux de surface) (Données issues du domaine d'application de la norme. Pour la norme NF EN ISO 15680, seule la limite de détection est indiquée LD = 0,01 µg/L, la LQ indiquée est 3xLD)

Niveau NQE/3 atteint : oui

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et modification de process dans les industries autres que celles du secteur des déchets**

L'industrie pétrolière et celle du caoutchouc cherchent des substituts aux HAP dans les pneumatiques. D'après les compagnies pétrolières, il existe principalement deux huiles alternatives possibles : les MES (Mild Extract Solvate) et les TDAE (Treated Distillate Aromatic Extracts). Il n'est pas encore certain qu'ils puissent servir de substituts complets : d'une part la question de leur disponibilité se pose ; d'autre part il n'est pas certain qu'ils permettent d'atteindre les mêmes qualités en termes d'adhérence au sol. (RMC, 2010)

L'**o**-xylène remplace de plus en plus le naphthalène pour la fabrication de l'anhydride phtalique (utilisé à plus de 60% pour la fabrication de plastifiants pour PVC ainsi que pour la fabrication de résines polyester insaturées employées dans des composites pour le domaine maritime et la construction et de résines alkydes servant de revêtement de surface). (INERIS, 2006-b). L'**o**-xylène représente environ 92% de la satisfaction des besoins, contre 8% pour le naphthalène carbochimique (RMC, 2010)

Dégradabilité abiotique

Il n'existe pas de données expérimentales sur l'hydrolyse du naphthalène. Cependant, l'hydrolyse du naphthalène est probablement négligeable compte tenu de sa structure chimique. (INERIS, 2011)

Biodégradabilité

Les résultats du seul essai standardisé pour déterminer la biodégradabilité inhérente ont montré que le naphthalène est faiblement biodégradable (2 % de dégradation après 28 j - méthode OCDE 302 C). Cependant, de nombreux essais non normalisés suggèrent que la **substance est rapidement dégradée dans des conditions aérobies et dénitrifiantes**, en particulier lorsque des micro-organismes adaptés sont utilisés. Dans ce cas, les concentrations de naphthalène deviennent inférieures au seuil de mesure après 8 à 12 jours dans certains essais (INERIS, 2011)

Traitement par les stations d'épurations urbaines

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du naphthalène de l'ordre de 5 à 10% en entrée comme en sortie de STEP.

Traitement par voie biologique

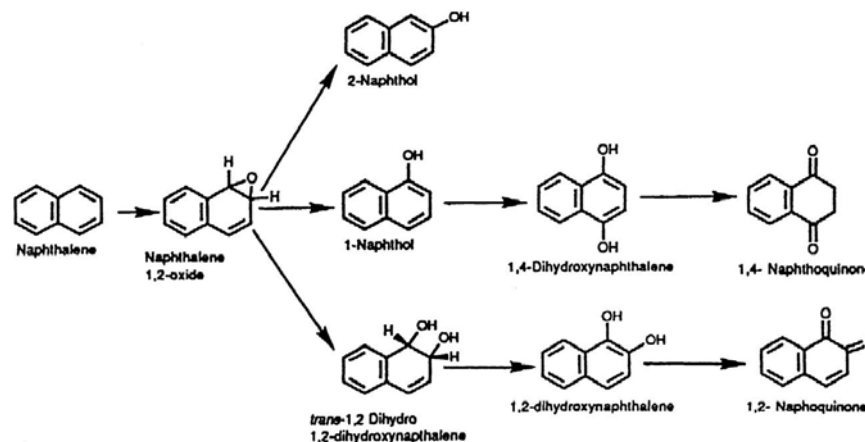
La structure moléculaire rend le traitement du naphthalène très délicat. Il a été constaté un abattement significatif des HAP dans les stations biologiques urbaines. Ces composés présentant une forte affinité pour les matières en suspension, et sont majoritairement piégés dans les boues. On peut donc calquer le taux d'abattement des HAP sur celui des matières en suspension totales.

Sur une station biologique on notera donc les trois voies d'élimination des HAP :

- l'élimination par décantation
- l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- l'élimination par dégradation bactérienne

On peut ainsi atteindre des rendements de l'ordre de 98 % (RMC, 2010).

Certains microorganismes ont montré qu'ils étaient capables de dégrader le naphthalène : *Cunninghamella elegans* ; *Pseudomonas sp.* et *Oscillatoria sp.* Les voies de biodégradation du naphthalène par le microorganisme *Cunninghamella elegans* (champignon) sont schématisées ci-dessous (Landis, et al., 1999)



Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement**biologique** (Choubert, et al., 2011)**Traitements combinés**

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du **naphthalène** par décantation primaire suivie d'un traitement physico-chimique et d'un biofiltre était supérieur à 70%.

Traitement par bioréacteur à membrane

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du **naphthalène** par bioréacteur à membrane est supérieur à 70%.

Traitement par séparation de phase

La séparation de l'huile et de l'eau peut être réalisée :

- avec un cyclone
- par de la micro filtration sur un séparateur API (American Petroleum Institute), lorsque l'on peut s'attendre à de grandes quantités de pétrole libre ou d'hydrocarbures ou un intercepteur à plaques (RMC, 2010)

Traitement par oxydation à l'air humide

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micro-polluants (taux d'élimination de 99%) (RMC, 2010)

Traitement à l'ozone

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micro-polluants (taux d'élimination de 99%) (RMC, 2010)

Traitement par stripping

Selon (RMC, 2010) le stripping est un procédé adapté au traitement des effluents aqueux contenant des HAP.

REFERENCES

AQUAREF AQUAREF [En ligne]. - 2012. - <http://www.aquaref.fr>. - Aucune information concernant l'analyse de cette substance à la date de consultation .

Choubert J.-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France [Rapport] : Rapport d'étude / Direction des Risques Chroniques. - 2009-b. - p. 113 pages. - N°DRC 08-94882-15772A.

INERIS Naphthalène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - 79 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - Mise à jour du 08/03/2011. - DRC-10-109974-00932A.

INERIS Pentachlorophénol - Données technicoéconomiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/>. - 14 pages.

INERIS Xylène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-b. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 29 pages.

Jourdain M.-J. et Charissou A.-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Landis W. G. et Yu M.-H Environmental Toxicology - Impacts of chemicals upon Ecological systems [Ouvrage] / éd. Press CRC. - [s.l.] : Lewis Publishers, 1999. - 2d Edition : p. env. 450 pages. - ISBN 1-56670-265-8.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

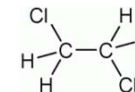
RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

1,2 DICHLOROETHANE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales⁸⁴ :**

- dichloroéthane - dichloroéthylène - 1,2-DCE
 - chlorure d'éthylène - dichlorure d'éthylène - ethylene dichloride
 - acethylenchloride - glycol dichloride - sym-dichloroéthane
 - glycoldichloride - bichlorure d'ethelene - α,β-dichloroéthane
 - éthane, 1,2-dichloro - 1,2-bichloroéthane - ECD
 - Destrujol Borer Sol - Dichlor-mulsion - Brocide
 - Dutch liquid - Dutch oil - EDC
 - Fréon 150 - NCI-C0051 - ENT 1,656

Formule développée**Famille :**

Organo-halogénés volatils
 Alcanes
 COHV
 Hydrocarbures halogénés

Formule semi-développée : C₂H₄Cl₂**N° CAS :** 107-06-2**Propriétés physico-chimiques**

Masse molaire : 96,97 g/mol (INRS, 1997) 98,96 - 99 (INERIS, 2006-a)
 98,96 (TOXNET, 2010)

Solubilité dans l'eau : 0,8% en poids à 20°C (INRS, 1997) 8,69 g/l à 20°C (TOXNET, 2010)
 8,509 g/l à 20°C (entre 8,00 et 8,69) (INERIS, 2006-a)
 entre 8,49 et 9 g/L à 20°C (INERIS, 2011)
 8,7 g/l à 20°C (CEDRE, 2005)

Pression de vapeur : 3,3 kPa à 0°C 8,5 kPa à 20°C 21,3 kPa à 40°C (INRS, 1997)
 8,433 kPa à 20°C (8,133 - 8,70) (INERIS, 2006-a)
 8,13 kPa à 8,43 kPa à 20°C (INERIS, 2011)

Point éclair : 13°C en coupelle fermée - 18,3°C en coupelle ouverte (INRS, 1997) (CEDRE, 2005)

Temps de ½ vie dans l'air : 62 j (INERIS, 2011)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 72 ans (hydrolyse) à pH7 et à 25°C (INERIS, 2006-a)

Temps de ½ vie dans les sols : 100 à 365 jours (en microcosmes) (Jourdain, et al, 2007)
 98,3 à 20°C (entre 92,2 et 101) (INERIS, 2011) (INERIS, 2006-a)
 124,4 à 143 Pa/m³/mol à 25°C (INERIS, 2011)

Log Kow : 1,47 (US-EPA, 1996) 1,45 (mesuré) (INERIS, 2011) 1,48 (TOXNET, 2010) (NCBI)
 1,45 - 1,76 (CEDRE, 2005)

Koc : 11 - 76 l/kg (CEDRE, 2005)
 33 l/kg (mesuré) (entre 11 et 76) (INERIS, 2011) (INERIS, 2006-a)
 17 l/kg (US-EPA, 1996)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

- Le 1,2-DCE est sans action sur les métaux usuels à froid mais, et en présence d'humidité, la formation à chaud de produits de dégradation acides peut provoquer une corrosion des surfaces métalliques. (INERIS, 2009) (NCBI)
- Le fer et le zinc ne sont pas corrodés par le 1,2-dichloroéthane, mais l'aluminium l'est fortement. La présence d'eau augmente la corrosion du fer et du zinc. (TOXNET, 2010)
- Le 1,2-DCE peut réagir violemment au contact des oxydants, des métaux alcalins et alcalino-ferreux et de divers métaux à l'état pulvérulent (INERIS, 2009) (INERIS, 2006-b)
- Les mélanges de vapeurs d'hydrocarbures partiellement chlorés et de dioxyde d'azote constituent des mélanges détonants (Leleu, et al., 2004)
- La décomposition thermique du 1,2-DCE conduit à la formation de produits toxiques. Entre 340°C et 515°C, on a pu caractériser le chlorure de vinyle, le chlorure d'hydrogène et des traces d'acétylène. Il peut également se former du dichlorure de carbonyle. (INERIS, 2006-b)

⁸⁴ Liste non exhaustive

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

- éthane (CEDRE, 2005)
- 2-chloroéthanol, chloroacétaldéhyde, puis chloroacétate (UM, 2012)

Toxicité et écotoxicité - limites de qualité

Eaux de surface intérieures NQE-MA⁸⁵ : 10 µg/l **NQE-CMA⁸⁶ :** sans objet (Dir. 2008/105/CE)
LQ circ 05/01/09 = 2 µg/l **Note :** NQE / LQ compatibles
PNEC⁸⁷ chronique eau douce : 1,06 mg/L (INERIS, 2011)
 1,1 mg/L (CEDRE, 2005) (INERIS, 2006-a)

Occurrence dans les rejets industriels**Le 1,2-dichloroéthane dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés⁸⁸ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **9,59 g/lj** (13 sites - 65 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le **1,2-dichloroéthane** ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du secteur 3,

Selon les données ci-dessus, leur manque de représentativité et l'absence de flux supérieur aux seuils, le **1,2-dichloroéthane n'est pas une substance d'intérêt pour le secteur des industries du déchet.**

Traitabilité⁸⁹

- Traitement possible par stripping, charbon actif, nanofiltration, oxydation chimique et incinération
- Biodégradable (Jourdain, et al, 2007)
- Traitement combiné par stripping et charbon actif (INERIS, 2011)
- Traitement biologique : sur une filière classique par boue activée, on peut s'attendre à un abattement significatif, notamment par stripping dans le bassin d'aération (RMC, 2010)

⁸⁵ **NQE-MA :** Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

⁸⁶ **NQE CMA :** Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

⁸⁷ **PNEC :** concentration sans effet prévisible sur l'environnement

⁸⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

⁸⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC⁹⁰ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁹¹**
 - Le 1,2-dichloroéthane est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - Le 1,2-dichloroéthane fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
- Le 1,2-dichloroéthane ne fait pas partie de la liste des **substances PBT** (INERIS, 2011)
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁹²**
 - Le 1,2-dichloroéthane n'est pas concerné
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation (ECHA) :**
 - Le 1,2-dichloroéthane ne fait pas fait partie de la liste de substances candidates pour être SVHC⁹³ 06/03/2010
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁹⁴ :**
 - Le 1,2-dichloroéthane est classé dans la liste des substances soumises à restrictions (annexe XVIII) - point 28 appendice 2 cancérigène de catégorie 2
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Flam. Liq. 2	H225	Liquide inflammable, cat. de danger 2
Carc. 1B	H350	Cancérogénicité, cat. de danger 1B
Acute Tox. 4	H302	Toxicité aiguë par voie orale, cat. de danger 4 nocif en cas d'ingestion
Eye Irrit. 2	H319	Lésions oculaires graves/irritation oculaire, cat. 2
STOT SE 3	H335	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition unique, cat. de danger 3, Irritation des voies respiratoires
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat. de danger 2
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁹⁵**
 - Le 1,2-dichloroéthane n'est pas concerné

⁹⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁹¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁹² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁹³ http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf

⁹⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁹⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁹⁶ pour le 1,2-dichloroéthane
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁹⁷**
 - Annexe 1 : 1,2-dichloroéthane fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - L'annexe 5 précise que pour l'analyse, la filtration de l'échantillon est à proscrire pour le 1,1- et le 1,2-dichloroéthane
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 2 µg/l
- **Arrêté du 07/12/07 établissant la liste des substances prioritaires ainsi que la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses⁹⁸** : le 1,2-dichloroéthane fait partie de la liste des substances prioritaires

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le 1,2-dichloroéthane n'est pas connu pour être un composé naturel. (TOXNET, 2010)

La présence de 1,2-dichloroéthane dans l'environnement est uniquement anthropique. Elle résulte de la production, du stockage, de la distribution et des diverses utilisations de ce produit. (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b)

Le DCE peut être rejeté dans l'eau à travers les effluents de l'industrie qui produit ou utilise la substance. **Il peut aussi être déversé dans l'atmosphère ou les eaux souterraines à travers les dépôts dans les déchetteries.** (INERIS, 2006-b)

Les goudrons de dichlorure d'éthylène, sous-produits de la synthèse du chlorure de vinyle, peuvent également générer du 1,2-dichloroéthane. (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b)

Compte-tenu des voies de synthèse, il est peu probable que le 1,2-dichloroéthane fasse l'objet de néoformation spontanée.

Présence de 1,2-dichlorométhane en tant que métabolite de dégradation de solvants chlorés : l'étude RECORD sur le devenir des polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements (RECORD, 2007) montre que le 1,2-dichloroéthane est un intermédiaire possible au cours de la dégradation anaérobie du 1,1,2,2-tétrachloroéthane. Il est donc possible de le trouver sur certains sites de traitement de sols pollués acceptant des sols pollués par des solvants chlorés.

⁹⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁹⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁹⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1227

PRODUCTION / UTILISATIONS

Synthèse

Le 1,2-dichloroéthane est produit industriellement par chloration directe de l'éthylène en phase liquide à une température de 40 à 50°C, suivant la réaction : $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow \text{catalyseur} \rightarrow C_2H_4Cl_2$; le catalyseur est le chlorure de fer. (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b)

Il peut également être obtenu par réaction catalysée (sel de cuivre) entre l'éthylène, l'acide chlorhydrique et l'oxygène (l'oxychloration) à une température de 200 à 300°C, à une pression de 0,4 à 0,6 MPa : $C_2H_4 + 2HCl + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow \text{catalyseur (sel de cuivre)} \rightarrow C_2H_4Cl_2 + H_2O$. (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b) (INERIS, 2011)

Utilisation générale

Le 1,2-dichloroéthane est principalement utilisé comme intermédiaire dans la synthèse du chlorure de vinyle monomère⁹⁹. Cet usage représenterait 95% de l'emploi du 1,2-dichloroéthane (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b) (INERIS, 2011).

Il est également employé dans la production de solvants chlorés tels que le 1,1,1-trichloroéthane, le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène. (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b) (TOXNET, 2012)

Ses autres domaines d'utilisation sont divers (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b) :

- fabrication d'éthylènediamide, d'éthylène glycol, de chlorure de polyvinyle, de nylon, de rayonne, de matières plastiques diverses,
- solvant pour les graisses, les huiles, les cires, les résines, le caoutchouc et pour l'extraction d'épices,
- traitement par fumigation des grains (céréales), des vergers, des bâtiments agricoles et des champignonnières,
- solvant dans la fabrication de peintures, de vernis, de détachants, de savons, de produits nettoyants et d'agents mouillants,
- en association avec l'alcool éthylique, c'est un solvant de l'acétate de cellulose et de la nitrocellulose (INERIS, 2006-b)
- fabrication d'alkyles de plomb (usage déclinant) (INERIS, 2006-b)
- en faible quantité, dans la synthèse de l'oxyde d'éthylène (INERIS, 2006-b)
- antidétonnant dans l'essence sans plomb (INERIS, 2006-b)

Certains industriels producteurs de chlore produiraient du dichloroéthane pour permettre le stockage de chlore et faciliter son transport. En effet, transporter le chlore sous forme de DCE est moins dangereux. (INERIS, 2006-b)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- L'utilisation spécifique du 1,2-dichloroéthane dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

⁹⁹ Le chlorure de vinyle monomère (CVM) sert à la fabrication du PVC et d'autres copolymères associés tel que le chlorure de polyvinylidène utilisé dans les emballages.

Utilisation dans les industries de la chimie

Industrie de la chimie :

- Production de solvants chlorés tels que le 1,1,1-trichloroéthane, le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène (INERIS, 2011)
- Synthèse d'éthylènediamine, d'éthylène glycol, de chlorure de vinyle monomère, de chlorure de polyvinyle, de nylon, de rayonne, de matières plastiques diverses, (INERIS, 2011)
- Solvant pour les graisses, huiles, cires, résines, le caoutchouc et pour l'extraction d'épices, (INERIS, 2011)
- Solvant dans la fabrication de peintures, de vernis, de détachants, de savons, de produits nettoyants et d'agents mouillants. (INERIS, 2011)
- Fabrication d'alkyles de plomb, mais leur usage est déclinant (INERIS, 2011)
- Utilisation en faible quantité dans la synthèse de l'oxyde d'éthylène (INERIS, 2011)

Utilisation dans les autres secteur industriels

Raffinage :

- Antidétonant dans l'essence sans plomb (INERIS, 2011)

Autres secteurs majoritaires

- Traitement par fumigation des céréales, vergers, bâtiments agricoles et champignonnières (INERIS, 2011)
- Il était utilisé avant comme dissolvant dans les peintures, mais aujourd'hui ce n'est plus le cas. (INERIS, 2011)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

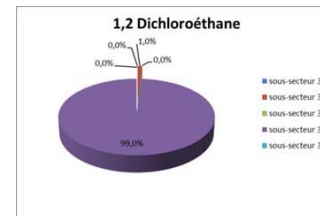
Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 9,59 g/j pour le 1,2-dichloroéthane (13 sites - 65 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1 :** 0 site
- Sous-secteur 3.2 :** 3 sites (13 mesures - contributeur à 1% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,10 g/j**
- Sous-secteur 3.3 :** 1 site (9 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4 :** 9 sites (43 mesures - contributeur à 99% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **9,5 g/j**
- Sous-secteur 3.5 :** 0 site

Répartition des flux en 1,2-dichloroéthane dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : Le 1,2-dichloroéthane n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Son analyse est préconisée au cas par cas uniquement dans le sous-secteur 3.4. Les données ci-dessus, liées à quelques rares situations particulières, ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

Le 1,2-dichloroéthane n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, de l'importance du flux total du secteur 3 (9,59 g/j), et plus particulièrement le fait que cette substance ne soit pas analysée systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites, le 1,2-dichloroéthane n'apparaît pas comme substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet.

Note : Cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Le projet AMPERES a montré que le pentachlorophénol était détectée dans environ 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de 1,2-dichloroéthane dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le 1,2-dichloroéthane est détecté dans moins de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Le 1,2-dichloroéthane peut être déversé dans les eaux souterraines à travers les dépôts dans les déchetteries. (INERIS, 2011). Il est possible de le trouver dans les eaux de ruissellement de certains sites de transit ou de traitement de déchets et de sols pollués acceptant des déchets ou sols qui contiennent des solvants chlorés. Quatre ICPE soumises à autorisation relevant d'une activité de traitement de déchet ont déclaré le rejet de 1,2-dichloroéthane au cours des 3 dernières années dans le registre français des émissions polluantes¹⁰⁰.

Les goudrons de dichlorure d'éthylène, sous-produits de la synthèse du chlorure de vinyle, peuvent également générer du 1,2-dichloroéthane. (INERIS, 2011)

¹⁰⁰ <http://www.irep.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php>

Présence dans d'autres rejets industriels

Les rejets dans l'environnement peuvent être issus de la fabrication, de l'utilisation, du stockage, de la distribution et de l'élimination du 1,2-dichloroéthane (INERIS, 2011)

Les données du Registre français des émissions polluantes issues d'établissements français montrent que les émissions de 1,2-dichloroéthane dans l'air et dans l'eau en France (données 2004) proviennent essentiellement du secteur de la chimie, et que les émissions atmosphériques sont donc très largement supérieures à celles vers les milieux aquatiques. (INERIS, 2006-b) (INERIS, 2011)

Présence dans l'environnement

Il n'y a pas de sources naturelles de 1,2-dichloroéthane. La présence de 1,2-dichloroéthane dans l'environnement est uniquement anthropique. Les rejets dans l'environnement peuvent être issus de la fabrication, de l'utilisation, du stockage, de la distribution et de l'élimination du 1,2-dichloroéthane. (INERIS, 2006-b) (INERIS, 2011)

Compartiment atmosphérique

Concentration ubiquitaire dans l'air : < 0,1 µg/m³ (INERIS, 2006-a)

La plus grande partie du 1,2-dichloroéthane libéré dans l'environnement se retrouve dans l'air ambiant où sa persistance est modérée. (INERIS, 2011) (CEDRE, 2005)

Le 1,2-dichloroéthane subit une photo-oxydation dans la troposphère, qui évolue lentement jusqu'au dioxyde de carbone. (CEDRE, 2005)

Dans la troposphère, il subit une photo-oxydation et se transforme en chlorométhanal, chlorure de chloracétyle, acide chlorhydrique, monoxyde et dioxyde de carbone. Cependant, cette évolution étant lente, il peut être transporté sur de longues distances. Dans la stratosphère, il subit une photolyse. (INERIS, 2006-a)

Eau & sédiments

Concentration ubiquitaire dans l'eau de surface : < 0,2 µg/l (INERIS, 2006-a)
dans l'eau de pluie : < 0,5 µg/l (INERIS, 2006-a)

Du 1,2-dichloroéthane peut être rejeté par les effluents industriels dans le milieu aquatique, d'où il se volatilise rapidement. Le DCE peut aussi se retrouver dans les eaux souterraines près des sites de déchets industriels. (INERIS, 2011)

En milieu aqueux, sa dégradation chimique est très lente. Il est très résistant à l'hydrolyse. Dans les eaux superficielles, les pertes sont principalement dues à l'évaporation. (CEDRE, 2005) (INERIS, 2006-a)

Le 1,2 dichloroéthane n'est pas facilement biodégradable : en eaux de surface, seulement 18% de biodégradation ont été mesurés lors d'un essai de dit de "biodégradation facile" (mesure de la consommation de l'O₂ dissous. (CEDRE, 2005)

Sols

Le dichloroéthane dans les sols est supposé se volatiliser ou s'infiltrer dans les eaux souterraines avant de subir une transformation abiotique importante. (INERIS, 2009)

Déversé sur le sol, il s'évapore. Les vapeurs sont plus lourdes que l'air et peuvent se propager au niveau du sol. (CEDRE, 2005)

Le 1,2 dichloroéthane n'est pas facilement biodégradable : au niveau du sol, aucune biodégradation n'a été mesurée (CEDRE, 2005) (INERIS, 2006-a)

En milieu anaérobie : une biodégradation existe en présence de bactéries méthanotrophes qui transforment le 1,2 dichloroéthane en éthane. (CEDRE, 2005) De telles conditions peuvent être rencontrées, par exemple, dans les installations de stockage de déchets non dangereux.

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles du dichloroéthane dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile**

- 04 01 Déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure
 - 04 01 03* déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide
- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 - 04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
 - 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 - 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 - 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et non spécifiés ailleurs
 - 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
 - 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses
 - 08 01 13* boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis

11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

11 01 Déchets du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (ex, procédés de galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, phosphatation, dégraissage alcalin et anodisation)

11 01 13* déchets de dégraissage contenant des subst. dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques

14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC

14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés

14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection

15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines

19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 13* solvants

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX (INERIS, 2006-a)

Prélèvement

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température.

L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse.

Extraction

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- Par "*headspace*" : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure dans un flacon hermétiquement clos. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- Par "*purge and trap*" : le 1,2-dichloroéthane contenu dans l'échantillon d'eau est transféré efficacement de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège absorbant servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.
- Par "*extraction liquide/liquide*" : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- Par "*SPME*" (Solid Phase Micro Extraction) : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode headspace et la méthode purge and trap. Le principe consiste à introduire une fibre de silice (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon serti. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents en phase gazeuse vers la phase solide de la fibre. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode headspace (CG/ECD, CG/MS). Les cinétiques d'adsorption / désorption étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque fois (changement de matrice de l'échantillon) de bien optimiser ces paramètres. C'est cependant une méthode qui commence à être couramment utilisée dans les laboratoires (méthode intéressante pour faire un **balayage rapide** des échantillons à analyser).

Dosage

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système chromatographique en phase gazeuse et dans un deuxième temps détection et dosage par un détecteur dont la spécificité est adaptée à la complexité de la matrice (ECD, PID, FID ou SM). Pour le système chromatographique, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction du gaz injecté.

EAUX (AQUAREF, 2011)**Prélèvements et conditionnement****Recommandations générales :**

- Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever
- Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons
- Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner)
- Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire.
- Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement.
- Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Flaconnage :

- Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé
- Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium. Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500 °C)
- Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Prétraitement & transport :

- Les flacons doivent être **remplis jusqu'au débordement** et sont bouchés **sans espace de tête**
- Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage. Remplir jusqu'au repère.
- Lors du prélèvement, éviter trop de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes de la substance à échantillonner, par **dégazage**
- Si la **présence de chlore libre** est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement
- Après le prélèvement ajuster à une valeur de **pH** comprise entre 1 et 2 avec de l'acide sulfurique
- Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.
- Les échantillons peuvent être conservés à 3 ± 2°C, à l'obscurité pendant 24H soit directement dans les fioles d'échantillonnage, soit directement dans les flacons.
- Si cette analyse ne peut être effectuée immédiatement, conserver l'extrait de solvant dans un flacon hermétiquement fermé à une température d'environ 4 °C, durant un mois au maximum

Extraction / préparation

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse:

- pour la verrerie jaugée : à l'aide d'un agent nettoyant puis au solvant.
- pour la verrerie non jaugée par calcination à 500°C pendant 8 H.

Avant analyse, si le flacon n'est pas le flacon d'analyse, transférer délicatement sans turbulence une partie de l'échantillon dans une fiole d'espace de tête et fermer le septum ou le couvercle à système serti, si l'analyse est réalisée en espace de tête. Ou extraire le plus tôt possible dans les 24 H suivant le prélèvement si l'extraction est choisie.

Remise à température ambiante en vue de l'analyse.

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Les échantillons ne doivent pas être dilués, préférer étendre la fonction d'étalonnage pour éviter les pertes de substance, et l'extrait ne doit pas être concentré par évaporation.

Les composés organiques volatils sont à rechercher directement sur l'eau brute. Même en présence de MES, il faut **proscrire la filtration** pour éviter les pertes de substance

Méthode de dosage**Sensibilité des différentes méthodes de dosage :**

- dégazage, piégeage et désorption - chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS) : **Limite de quantification** : 2 µg/l NQE/3 atteignable
- espace de tête statique- chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS) : **Limite de quantification** : 2 µg/l NQE/3 atteignable
- espace de tête statique-chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à capture d'électrons (GC/ECD) : **Limite de quantification** : 2 µg/l NQE/3 atteignable

Limite de quantification : 0,1 µg/l (LQ circulaire du 05/01/09)

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES

NF EN ISO 15680 - janvier 2004 - Qualité de l'Eau "Dosage par chromatographie en phase gazeuse d'un certain nombre d'hydrocarbures aromatiques monocycliques, du naphthalène et de divers composés chlorés par dégazage, piégeage et désorption thermique" Analyse après dégazage, piégeage et désorption -GC/MS

Domaine d'application : Cette norme prescrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés volatils (dont le 1,2-dichloroéthane), par chromatographie en phase gazeuse.

- ✓ **La 1^{ère} méthode** permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide dans les eaux potables, les eaux souterraines, les eaux de piscine, la plupart des eaux de rivières et de lacs, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels.

La valeur limite de quantification pour le 1,2-dichloroéthane est de 5 - 10µg/l.

- ✓ **La 2^{de} méthode** permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique.

La valeur limite de quantification pour le 1,2-dichloroéthane est de 100 µg/L.

Principe :

Méthode par extraction liquide/liquide : Les hydrocarbures halogénés très volatils sont extraits dans un solvant organique. L'extrait est ensuite analysé par chromatographie en phase gazeuse, avec détection ECD.

Méthode par espace de tête : Un volume fixe d'échantillon est prélevé dans des flacons hermétiquement fermés, sertis ou scellés, tous identiques. Les flacons sont maintenus à température constante dans un système à température régulée dans des conditions propres à obtenir l'équilibre thermodynamique entre la phase liquide et la phase gazeuse. La teneur de la phase gazeuse en dichloroéthane, est ensuite déterminée par chromatographie en phase gazeuse, avec détection ECD. Deux approches d'étalonnage sont détaillées, étalonnage interne ou étalonnage externe.

Interférences :

Méthode par extraction liquide/liquide : Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons et aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.

Méthode par espace de tête : Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et de l'analyse. Il est recommandé d'effectuer des essais à blanc.

Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure à 5 mg/l, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, préparer des solutions étalons et de blanc dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.

Éviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire.

NF EN ISO 10301 - juillet 1997 - Qualité de l'eau "Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils - Méthodes par chromatographie en phase gazeuse - méthode par espace de tête statique ou après extraction liquide/liquide"

Analyse par espace de tête statique-GC/MS : **Limite de quantification** : 2 µg/l

Analyse par espace de tête statique-GC/ECD : **Limite de quantification** : 2 µg/l

Méthode EPA 5030 A : Purge and trap (1992)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le dichloroéthane) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Elle peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition inférieur à 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau.

Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être quantifiés par cette technique analytique, avec toutefois des limites de quantification (par GC ou GC/MS) approximativement 10 fois plus élevées.

Principe : La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-volatils (dont le dichloroéthane) par "purge and trap".

Un gaz inerte est utilisé pour dégazer l'échantillon d'eau contenu dans un flacon à température ambiante : il en résulte un équilibre entre la phase liquide et la phase gazeuse. Le piégeage de la phase gazeuse est réalisé en tête de colonne et est suivi d'une désorption thermique.

La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- EPA 8021A (1994) " Dosage des composés volatils halogénés par chromatographie gaz avec colonne capillaire, utilisation des détecteurs PID et ECD en série "
- EPA 8260A (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse avec colonne capillaire "

Sensibilité :

- La méthode de dosage EPA 8021A permet de doser les composés volatils halogénés à des concentrations de l'ordre de 0,1 µg/l à 200 µg/l. La limite de quantification pour le 1,2-dichloroéthane est de 1 µg/l dans les échantillons d'eau de surface.
- La limite estimée de quantification par la méthode EPA 8260A pour le 1,2-dichloroéthane est de 5 µg/l dans les échantillons d'eau de surface.

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbures et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection.
- Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions.
- L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des appareils comprenant des pièces en caoutchouc doivent être évités.

Méthode EPA 3810 : Espace de tête statique (1986)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le 1,2-dichloroéthane) dans diverses matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments.

Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés aromatiques volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 125°C.

La méthode dite "espace de tête statique" doit son nom à la technique mise en œuvre pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser.

La détection des organo-volatils (dont le 1,2-dichloroéthane) peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes

- EPA 8010 B (1994) "Dosage des composés organo-halogénés volatils"
- EPA 8240 B (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse".

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase dissoute.

- La méthode de dosage EPA 8010 B annonce une limite de quantification de 0,003 µg/l pour le 1,2-dichloroéthane.
- La limite estimée de quantification du 1,2-dichloroéthane selon la méthode EPA 8240 B est de 5 µg/l dans les eaux de surface.

Principe : L'échantillon est placé dans un flacon scellé à 90°C jusqu'à l'obtention d'un équilibre thermodynamique. Une fraction de la phase gazeuse est prélevée et injectée directement dans le chromatographe.

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbures et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection.

- L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.
- Eviter d'analyser des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Produits de substitution

En tant qu'intermédiaire de l'industrie chimique, le 1,2-dichloroéthane est encore largement incontournable. (INERIS, 2009)

Pour ses propriétés de solvants, le 1,2-dichloroéthane peut être remplacé par du dichlorométhane (INP, 2010)

• **Synthèse du chlorure de vinyle**

Il n'y a pas de produit de substitution au 1,2-dichloroéthane pour synthétiser le monochlorure de vinyle (INERIS, 2006-b) (INERIS, 2011)

Le PVC est le principal débouché du monochlorure de vinyle (CVM) ; sa fabrication est la cause directe ou indirecte de la quasi-totalité des rejets de monochlorure de vinyle dans l'environnement. Comme il renferme des substances toxiques (phtalates, organoétains, de nouvelles réglementations limitent la mise sur le marché d'objets en PVC. Les industriels sont donc amenés à développer de nouveaux produits ne contenant plus de PVC. Mais, en raison de sa polyvalence et du large éventail d'applications, il n'y a pas un seul matériau individuel qui pourrait servir de substitut dans toutes les applications, mais toute une série, en fonction du produit concerné. Des études permettant de comparer l'impact environnemental de plusieurs produits sont menées par la commission européenne. Par ailleurs, un moyen pour réduire la production de PVC par le CVM est de recycler les déchets de PVC en fin de vie afin de faire de la valorisation matière. (INERIS, 2006-b)

• **Solvant**

L'INRS indique qu'il est possible de remplacer le 1,2-dichloroéthane par le 1,1,1-trichloroéthane ou le dichlorométhane. Cependant, ces deux solvants alternatifs sont également des substances dangereuses pour les milieux aquatiques et sont visées respectivement par la Directive 76/464/CE et la Directive Cadre Eau. (INERIS, 2006-b) (INERIS, 2011)

Traitement des effluents dans le secteur de la Chimie (INERIS, 2006-b)

Le Document Européen de référence sur les Meilleures Techniques Disponibles (BREF) sur le traitement des effluents dans le secteur de la chimie, mentionne les techniques suivantes pour traiter des rejets aqueux de 1,2-dichloroéthane :

- **La nanofiltration** : rendement d'élimination de 70%. La nanofiltration est utilisée pour traiter des effluents contenant de grosses molécules organiques et des ions multivalents. Cette technique permet de concentrer les polluants pour faciliter leur élimination par la suite et/ou pour recycler une partie de l'effluent.
- **Le stripping à l'air** : un rendement d'élimination de 65% est rapporté dans le document BREF.

Traitement et récupération par distillation (INERIS, 2011)

Le dichloroéthane est récupéré à partir des effluents industriels par une distillation à deux étapes. Ces effluents sont alors incinérés (McPherson et al., 1979), l'efficacité de la destruction est alors estimée à 99,99 % (US EPA, 1986).

Traitement par incinération des déchets issus de la synthèse du chlorure de vinyle (INERIS, 2011)

Destruction de la boue contenant des organohalogénés (engendrée par l'épuration des eaux usées ou, par exemple, du coke issu du craquage du DCE) dans un incinérateur de déchets chimiques.

Traitement par stripping à l'air

Le Document Européen de référence sur les Meilleures Techniques Disponibles (BREF) sur le traitement des effluents dans le secteur de la chimie mentionne le stripping à l'air pour traiter des rejets de 1,2-DCE dans des effluents aqueux, avec un rendement d'élimination de 65%. (INERIS, 2006-b) (INERIS, 2011)

Traitement combiné par stripping et charbon actif (INERIS, 2011)

Le Centre technique des eaux usées (CTEU) d'Environnement Canada a mis en place un pilote dans une décharge pour traiter les eaux souterraines contaminées par des substances chimiques organiques volatiles pendant l'été 1986. Le système de traitement est composé d'une colonne de stripping traitant les eaux usées et de deux filtres à charbon actif en grain en série traitant les gaz. Dans les eaux usées, il y avait du 1,1-dichloroéthane, du 1,2-dichloroéthane, du chloroforme, du 1,1-dichloroéthylène, du 1,1,1-trichloroéthane, du benzène, du toluène, et du trichloréthylène. L'efficacité de l'élimination est comprise entre de 27 et 99,9% suivant les composés et les conditions d'exploitation. (Semovic L et al, 1987)

Traitement par adsorption sur du charbon actif

L'adsorption est de 0,163 g de 1,2 dichloroéthane par gramme de charbon. (CEDRE, 2005)

Traitement par nanofiltration

Le Document Européen de référence sur les Meilleures Techniques Disponibles (BREF) sur le traitement des effluents dans le secteur de la chimie mentionne la nanofiltration pour traiter des rejets de 1,2-DCE dans des effluents aqueux, avec un rendement d'élimination de 70%. La nanofiltration est utilisée pour traiter des effluents contenant de grosses molécules organiques et des ions multivalents. Cette technique permet de concentrer les polluants pour faciliter leur élimination par la suite et/ou pour recycler une partie de l'effluent (INERIS, 2011)

Traitement des effluents par phytodégradation

Travaux de Mena-benitez G.L. et al, Plant Physiology, July 2008, Vol. 147, pp. 1192–1198

Traitement par biodégradation stimulée

ADEME, programme R&D MACAOH - 2001-2006

Traitement par biodégradation

Le 1,2-dichloroéthane est biodégradable avec un inoculum adapté (INERIS, 2011)
Les mécanismes de biodégradation du dichloroéthane (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A (Jourdain, et al., 2007). Dans cette étude, des auteurs notent que le dichloroéthane n'est pas transformé significativement dans un bioréacteur avec des Clostridium.

REFERENCES

AQUAREF 1,2-dichloroéthane [En ligne] // AQUAREF. - 2011. - http://www.aquaref.fr/files/1-2dichloroethane_VF.pdf.

BRGM Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures - Résultat de la phase 2 [Rapport] : Rapport final / BRGM. - 2006. - p. 10 pages. - BRGM-54183-FR, janvier 2006.

CEDRE 1,2-dichloroéthane Guide pratique [En ligne] // CEDRE (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux). - 2005. - Guide d'intervention chimique rédigé par le CEDRE avec le soutien financier d'ARKEMA et de TOTAL et le conseil technique d'ARKEMA. - consulté en septembre 2011. - <http://www.cedre.fr/fr/publication/guides/chimique/dce.pdf>.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS 1,2-dichloroéthane - Données technico-économiques [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - 2006-b. - mise à jour le 27/03/2006. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 29 pages.

INERIS 1,2-dichloroéthane - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-a. - Mise à jour du 27/07/2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 50 pages.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INP La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Actes du colloque « Conservation-Restauration et Sécurité des personnes », Draguignan, 3-5 février 2010., - ISBN 978-2-9531978-1-5..

INRS 1,2-dichloroéthane [En ligne] = FT 54 // INRS - Santé et sécurité au travail. - 1997. - consulté en septembre 2011. - <http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/doc/fichetox.html?refINRS=FT%2054>.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - p. 149 pages. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarrigue C., RMC L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET 1,2-Dichloroethane [En ligne] // Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases / éd. HSDB / prod. Network TOXNET - Toxicology Data. - 2010. - mise à jour du 09/07/2010. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~HkbEjy:2>.

TOXNET Tetrachloroethylene [En ligne] // Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases. - TOXNET - Toxicology Data Network, 2012. - Mise à jour du 03/05/2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~LhE4pX:1>.

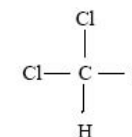
UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - University of Minnesota, 2012. - <http://umbdb.ethz.ch/index.html>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

DICHLOROMETHANE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales¹⁰¹:**

- | | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| - chlorure de méthylène | - méthylene chloride | |
| - methane, dichloro | - méthylene dichloride | |
| - methylenum chloratum | - méthylene bichloride | |
| - Solaesthin | - Narkotil | - Solmethine |
| - D008752 | - NCI-C50102 | - DCM |
| - Freon 30 | - Khladon 30 | - R30 (réfrigérant) |
| - CFC 30 | | |

Formule développée**Familles :**

Hydrocarbure halogéné
Composé organo halogéné
Solvant chloré
COHV
Chloroalcane

Formule semi-développée : CH₂ Cl₂**N° CAS :** 75-09-2**Propriétés physico-chimiques :****Masse molaire** : 84,93 g/mol (HSDB, 2010)**Solubilité dans l'eau** : 13 g/l à 25°C (HSDB, 2010) (PubChem, 2011)

13 g/l à 20°C (NIOSH, 2006)

13,8 g/l à 20°C (IARC, 1999)

Pression de vapeur : 435 mm Hg à 25°C¹⁰² (HSDB, 2010) (PubChem, 2011)

58 kPa à 25°C (IARC, 1999)

47,4 kPa à 20°C (NIOSH, 2006)

Point éclair : pas de point éclair (HSDB, 2010)**Temps de ½ vie dans le sol** : pas d'information**Temps de ½ vie dans l'eau de surface** : 1h (rivière) à 4 jours (lac) par volatilisation (HSDB, 2010)**Constante de Henry** : 3,25*10⁻³ atm*m³/mole (HSDB, 2010)**Log Kow** : 1,25 (IARC, 1999) (NIOSH, 2006) (HSDB, 2010) (PubChem, 2011)**Koc** : 24 (HSDB, 2010) (PubChem, 2011)**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**

- Le dichlorométhane n'est pas inflammable dans les conditions habituelles, mais peut former des mélanges explosifs dans une atmosphère d'oxygène ou d'air sous pression. (Leleu, et al., 2004)
- Quelques gouttes de dichlorométhane sur de faibles quantités (1,5g) de tert-butoxyde de potassium solide provoquent des flammes au bout de 2 minutes. (HSDB, 2010)
- Le dichlorométhane liquide est corrosif pour certains plastiques, gommages et certains revêtements de surface. (HSDB, 2010)
- Les produits de combustion du dichlorométhane sont le chlorure d'hydrogène, le phosgène et le monoxyde de carbone (HSDB, 2010)

¹⁰¹ Liste non exhaustive : 126 dénominations recensées¹⁰² Unités de pression de vapeur : les équivalences sont 1 Pa = 0,075 mm Hg :<http://genie.climatique.free.fr/conversion-unites-systeme-international.php>

Réaction avec d'autres molécules ou conditions (suite) :

- Le chauffage prolongé du dichlorométhane à 180°C en présence d'eau conduit à la formation d'acide formique, de chlorure de méthyle, de méthanol, d'acide chlorhydrique et de monoxyde de carbone. (HSDB, 2010)
- Le mélange dichlorométhane/dioxyde d'azote est potentiellement explosif (Leleu, et al., 2004)
- Le contact avec des oxydants forts, des bases concentrées ou des métaux alcalins chimiquement réactifs comme les poudres d'aluminium ou de potassium peut provoquer des incendies ou des explosions (HSDB, 2010), il en est de même avec les poudres de magnésium et de sodium. (NIOSH, 2006) et de lithium (Leleu, et al., 2004)
- Réagit fortement en présence de bases fortes (potassium tert-butoxide) (IARC, 1999)
- Des mélanges avec du tétraoxyde de dinitrogène sont explosifs lorsqu'ils subissent des chocs équivalents à environ 25g de TNT. (HSDB, 2010)
- Certains mélanges avec du lithium et des dérivés hydrocarbonés sont sensibles aux chocs et explosifs. (HSDB, 2010)
- Le dichlorométhane se solubilise avec une réaction endothermique dans l'acide nitrique concentré et donne une solution détonante. (HSDB, 2010)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

Certaines études ont montré que dans les sols, le dichlorométhane n'est pas significativement biodégradable - d'autres études ont montré une certaine biodégradation (Jourdain, et al., 2007)

Impuretés

Le chloroforme et le tétrachlorure de carbone sont co-produits lors de la synthèse du dichlorométhane. (HSDB, 2010)

On trouve aussi comme impuretés : le tétrachlorométhane, le 1,2-dichloroéthane, les cis- et trans-1,2-dichloroéthylène, le pentachloroéthane, le 1,1,1,2-tétrachloroéthane, le 1,1,2,2-tétrachloroéthane, le 1,1,1-trichloroéthane, le 1,1-dichloroéthylène, le bromodichloroéthylène, le tétrachloroéthylène, le bromodichlorométhane, et le benzène. (HSDB, 2010)

Des additifs (stabilisants) peuvent être ajoutés au dichlorométhane ; du cyclohexane, de l'oxyde de propylène, du 2-méthyl-2butène à raison de 50 mg/kg, de l'éthanol ou du méthanol à environ 0,2%, ou encore du phénol à 1mg/kg. (HSDB, 2010)

Des additifs de stabilisation du dichlorométhane ; amines, 4-crésol, hydroquinone, méthanol, 2-méthylbut-2-ène, 1-naphthol, nitrométhane + 1,4-dioxane, résorcinol, et thymol peuvent être ajoutés à de faibles concentrations : de 0,0001 à 1% (HSDB, 2010). Ces additifs sont ajoutés lors de la fabrication, pour limiter la dégradation par l'air et l'humidité. (IARC, 1999)

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures NQE-MA¹⁰³ : 20 µg/l

NQE-CMA¹⁰⁴ : µg/l sans objet (Dir. 2008/105/CE)

LQ : 5 µg/l¹⁰⁵

Note : NQE / LQ : compatibles

PNEC : aucune PNEC ne peut être déterminée (INERIS, 2011)

Occurrence du dichlorométhane dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

D'après les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés¹⁰⁶ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **368,1 g/j** (60 sites -312 mesures - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le dichlorométhane est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1 (regroupement et traitement des déchets dangereux) **et 3.4** (lavage de citernes). Les analyses ne sont pas prévues dans les rejets des sous-secteurs 3.2, 3.3, et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de dichlorométhane de l'ensemble de ces sous-secteurs.

Selon ces données (flux supérieurs aux seuils), **le dichlorométhane est une substance d'intérêt pour les sous secteurs : 3.1** (Regroupement, traitement, pré-traitement DD), **et 3.4** (Lavage de citernes).

Traitabilité¹⁰⁷

Traitement par stripping : le stripping à la vapeur d'effluents aqueux contenant du dichlorométhane permet d'atteindre un taux de performance de 99%

Traitement biologique : il est possible d'atteindre un rendement d'élimination supérieur à 70% du dichlorométhane par un traitement boues activées avec aération prolongée ou bioréacteur à membranes

¹⁰³ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

¹⁰⁴ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

¹⁰⁵ Circulaire RSDE du 5 janvier 2009 - annexe 5-2

¹⁰⁶ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

¹⁰⁷ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC¹⁰⁸ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE¹⁰⁹**
 - Le dichlorométhane est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - Le dichlorométhane fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)¹¹⁰**
 - Le dichlorométhane n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances¹¹¹:
 - Le dichlorométhane n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 Catégorie de danger : Codes de danger :
 Carc. 2 H351 Susceptible de provoquer le cancer, cat. de danger 2
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001¹¹²**
 - Le dichlorométhane n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an¹¹³
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation¹¹⁴**
 - Le dichlorométhane n'est pas concerné par ce texte
- **Arrêté du 2 mai 2002 relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE soumises à déclaration sous la rubrique n°2345 relative à l'utilisation de solvants pour le nettoyage à sec et le traitement des textiles ou des vêtements**
 - Stipule que tout rejet de solvant dans les milieux aquatiques et le sous-sol est interdit.
- **Arrêté du 4 juin 2004 relatif aux prescriptions applicables aux installations classées soumises à déclaration rubrique 2930 relative aux ateliers de réparation et d'entretien de véhicules et engins à moteur, y compris les activités de carrosserie et de tôlerie :**
 - Stipule que les rejets d'une somme de COV à phrase de risque dont le dichlorométhane sont limités

¹⁰⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0060:FR:NOT>¹⁰⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>¹¹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2¹¹¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:2006:396:0001:0849:fr:pdf>¹¹² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11¹¹³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II¹¹⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15**NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**

Le dichlorométhane n'est pas connu pour être une substance naturelle (IARC, 1999)

Le dichlorométhane est un des sous produits de dégradation du tétrachlorométhane (via le trichlorométhane) (Jourdain, et al., 2007), (BRGM, 2006)

Le dichlorométhane peut se former suite à la chloration des eaux. (HSDB, 2010) (PubChem, 2011)

La production et l'utilisation du dichlorométhane comme solvant, comme intermédiaire de synthèse chimique, comme réfrigérant ou pour le traitement des semences sont susceptibles de donner lieu à des émissions dans l'environnement (PubChem, 2011)

Des cas de contamination au dichlorométhane dans les eaux souterraines près de sites de régénération de solvants sont connus (cf. base BASOL). (INERIS, 2005)

La combustion de biomasse génère du dichlorométhane ; cette source représente une fraction significative des émissions industrielles atmosphériques au niveau mondial. (INERIS, 2005)

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

La synthèse du dichlorométhane est connue depuis 1840. (IARC, 1999)

Le dichlorométhane est produit industriellement principalement de deux façons :

- ✓ La méthode historique met en œuvre une réaction directe de méthane en excès avec du chlore à des températures élevées.
- ✓ La méthode plus courante à l'heure actuelle fait réagir du chlorure de méthyle avec du chlore, en général en phase gazeuse à températures élevées mais aussi en phase liquide à des températures plus basses et à des pressions élevées. (HSDB, 2010)

Utilisation générale

Le dichlorométhane est l'un des principaux solvants chlorés avec le trichloréthylène et le perchloréthylène. Il demeure le plus largement utilisé des trois, les deux autres voyant leur usage décliner fortement depuis plusieurs années en raison de restrictions sur leur emploi. (INERIS, 2005)

Le dichlorométhane est - ou a été- utilisé comme solvant, comme intermédiaire de synthèse, pour le traitement des semences, pour le décapage des peintures ou le dégraissage des métaux, ainsi que comme réfrigérant. (HSDB, 2010)

Le dichlorométhane est utilisé comme solvant pour la décaféinisation du café (IARC, 1999)

On notera que pour l'usage en tant que solvant d'extraction agroalimentaire, des valeurs limites existent dans la réglementation visant les denrées alimentaires. (INERIS, 2005)

Le dichlorométhane est utilisé par les artisans et les particuliers pour le décapage des peintures, la rénovation des meubles, le décapage des revêtements de sols et textiles muraux. (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique du dichlorométhane dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

Utilisation dans les autres secteurs industriels

Le principal usage du dichlorométhane en France concernerait le dégraissage dans l'industrie métallurgique. L'usage dans le domaine pharmaceutique semble également très important. Le DCM reste encore très largement utilisé dans les techniques d'extraction pour l'agroalimentaire et les cosmétiques. (INERIS, 2005)

Traitement de surface

- Bains de dégraissage de métaux (HSDB, 2010)
- Dégraissage de métaux à la vapeur (HSDB, 2010)
- Décapage des tôles peintes (INERIS, 2005)
- Décapage/dégraissage/nettoyage des plastiques (INERIS, 2005)

Industrie textile

- Solvant (IARC, 1999) (HSDB, 2010)
- Détachant industriel (usage marginal) (INERIS, 2005)

Industrie de la chimie

- Synthèse du bromochlorométhane (HSDB, 2010)
- Intermédiaire de synthèse de plastiques polycarbonates (HSDB, 2010) à partir de bisphénol et de phosgène (IARC, 1999) et de résines de polybutadiène (INERIS, 2005)
- Fabrication de revêtements résistants à la lumière (IARC, 1999)
- Intermédiaire de synthèse de l'acétate de cellulose (HSDB, 2010)
- Formulation d'insecticides et d'herbicides (IARC, 1999) (HSDB, 2010)
- Synthèse de mousses polyuréthanes pour l'ameublement, l'isolation et de mousses à faible densité (INERIS, 2005)

Secteur Industrie agroalimentaire

- Le dichlorométhane est utilisé comme solvant d'extraction de la caféine, pour le traitement des épices, du cacao ou du houblon (NTP, 1986) (HSDB, 2010) (INERIS, 2005)

Secteur Industrie pharmaceutique

- Les trois usages du dichlorométhane dans l'industrie pharmaceutique sont : solvant d'extraction, solvant de procédé et agent d'enrobage (INERIS, 2005)
- Le dichlorométhane est utilisé comme solvant pour la synthèse des composés stéroïdiens, d'antibiotiques, de vitamines, et dans une moindre mesure pour l'élaboration du revêtement des comprimés. (IARC, 1999)
- Historiquement, le dichlorométhane a été utilisé comme agent anesthésiant par inhalation (NTP, 1986)

Secteur du bâtiment

- Ravèlement des bâtiments (les décapants contiennent de 35 à 75% de dichlorométhane) (INERIS, 2005)
- Diluant des peintures et vernis (INERIS, 2005)

Autres secteurs majoritaires

- **Dentisterie** : le mélange 50/50 de dichlorométhane et de méthylmétacrylate est utilisé pour l'élaboration des dents acryliques (HSDB, 2010)
- Fumigation des semences (HSDB, 2010)
- Laboratoires¹¹⁵ : solvant d'extraction pour les analyses (Mathon, et al., 2011) et solvant d'éluion pour les colonnes de chromatographie (INERIS, 2005)
- Propulseur dans les aérosol (INERIS, 2005)
- Fluide réfrigérant (HSDB, 2010), usage non confirmé en France (INERIS, 2005)
- Agent de transfert de chaleur à basses températures (HSDB, 2010)
- Fluidifiant des huiles (HSDB, 2010)
- Diluant des colles et adhésifs (INERIS, 2005)

¹¹⁵ A titre d'exemple, plusieurs tonnes de dichlorométhane sont utilisées par an pour un laboratoire de recherche de la taille de l'INERIS, plus encore par les laboratoires d'analyses de routine. Dans ce cadre, le DCM usagé est récupéré par des sociétés spécialisées.

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Les résultats de la première campagne du RSDE (2002-2006) pour la région Rhône-Méditerranée font apparaître un flux en sortie de station d'épuration urbaine supérieur à 1 kg/j pour 6 substances dangereuses dont le dichlorométhane. (Lagarrigue, 2011)

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés de dichlorométhane du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **368,1 g/j** (60 sites - 312 mesures - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction).

Les flux rejetés se répartissent de la façon suivante :

Sous secteur 3.1 : 2 sites (176 mesures - contributeur à **86,9%** au flux du secteur 3), 3 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **319,9 g/j**

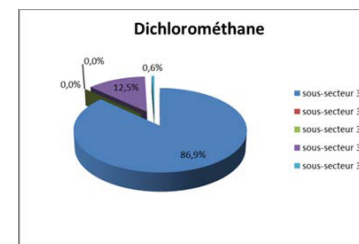
Sous-secteur 3.2 : 5 sites (23 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3), Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 2 sites (15 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3). Aucun flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 12 sites (59 mesures - contributeur à **12,5%** au flux du secteur 3), 1 flux supérieur au seuil surveillance, aucun au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **46 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 7 sites (39 mesures - contributeur à **0,6%** au flux du secteur 3), Aucun flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,19 g/j**

Répartition des flux en dichlorométhane dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD 3.4 Lavage de citernes 3.3 UIOM
3.2 Installations de stockage DND 3.5 Autres sites de traitement DND

Note : le dichlorométhane ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets des sous-secteurs 3.2, 3.3, et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de dichlorométhane de l'ensemble de ces sous-secteurs.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Étant donné que le DCM est présent dans de nombreux produits "grand public", comme des colles et des décapants, il devrait être présent dans les rejets de stations d'épuration urbaines. Dans l'étude réalisée en 2004 en France dans le cadre de l'Action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans les eaux du MEDD, le dichlorométhane a été effectivement détecté ponctuellement (à une concentration d'environ 60 µg/l) dans les rejets d'une station d'épuration urbaine d'une ville moyenne, sur 6 rejets de stations d'épuration testés. Le rejet de cette station, qui comporte une filière complète avec filtration biologique, peut être estimé à environ 1 kg/j. La présence de dichlorométhane dans des effluents urbains ne serait donc pas forcément universelle ou permanente. (INERIS, 2005)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de dichlorométhane dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le dichlorométhane est détecté dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Plus récemment, le projet AMPERES a montré que le dichlorométhane était détecté dans près de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 1 et 10 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans les rejets industriels

Les concentrations les plus élevées en dichlorométhane proviennent des industries et des activités suivantes : encres et peintures, travail de l'aluminium, mines de charbon, fabrication d'appareils photographiques et accessoires, industries pharmaceutiques, chimie organique, fabrication des plastiques et des colles, pressings. (HSDB, 2010)

La base de données EPER (European Pollutant Emissions Register) de l'Agence européenne de l'environnement donne une image des rejets industriels pour les installations soumises à la Directive IPPC. En 2004, date des données exploitées dans ce rapport, il peut s'agir d'une image quelque peu biaisée de la réalité de l'ensemble des rejets industriels, puisque de nombreuses installations, notamment les ateliers de traitement de surface de petite taille sont exclues du champ de la Directive et donc de l'inventaire. L'année 2001, la seule année disponible, est également la première pour laquelle des données ont été collectées. Ces données sont encore incomplètes et les informations qui suivent sont à prendre avec précaution. Néanmoins, l'exploitation de ces données pour l'année 2001 apporte les informations suivantes pour la France (INERIS, 2005) :

- ✓ Les rejets directs dans l'eau de dichlorométhane (environ 23 tonnes) sont totalement le fait, pour les installations IPPC, de l'industrie chimique, et notamment de l'industrie chimique de base (50%), suivie par l'industrie de la chimie inorganique (37%), de l'industrie pharmaceutique (8%), et enfin du secteur des biocides et explosifs (5%). Le total de ces rejets était d'environ 8 tonnes de dichlorométhane en 2001. Sur ce total, la fabrication du DCM n'occasionne que des rejets négligeables, d'après les chiffres communiqués par un des fabricants français.
- ✓ Les rejets indirects (*dans une station d'épuration industrielle*) sont dus d'après EPER quasi-exclusivement à l'industrie pharmaceutique (environ 8 tonnes)
- ✓ Les rejets atmosphériques (environ 2 100 tonnes) sont dominés par la chimie et la pharmacie (70% à elles deux), mais plus diversifiés (métallurgie 10%, cimenteries et verreries 7%, chimie inorganique 5%, etc.).

En Europe, la France apparaît comme étant largement, avec la Grande-Bretagne, un des principaux émetteurs IPPC de dichlorométhane et même le principal pour ce qui est des rejets dans des stations d'épuration. Cela pourrait s'expliquer en partie par la force de l'industrie pharmaceutique française. (INERIS, 2005)

Présence dans l'environnement

La production et l'utilisation du dichlorométhane comme solvant, comme intermédiaire de synthèse chimique, pour le traitement des semences, pour le décapage des peintures ou le dégraissage des métaux et comme réfrigérant peut être à l'origine d'émissions dans l'environnement. (HSDB, 2010)

Les secteurs pour lesquels la proportion des rejets atmosphériques est plus faible et dont les rejets sont donc plus importants vis à vis de la DCE, sont la pharmacie, la chimie et le décapage. (INERIS, 2005)

Compartiment atmosphérique

Les rejets de dichlorométhane ont lieu principalement à l'atmosphère, et dans une bien moindre mesure vers les milieux aquatiques. (INERIS, 2005)

Dans l'atmosphère, le dichlorométhane est présent uniquement à l'état vapeur. (HSDB, 2010)

La ½ vie du dichlorométhane dans l'atmosphère est estimée à 119 jours (HSDB, 2010)

Eau & sédiments

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de dichlorométhane dans les eaux de surface.

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le flux estimé en dichlorométhane est d'environ 35 kg/jour en sortie de STEP. (Pojer, 2008)

Dans les eaux, le dichlorométhane n'est pas facilement adsorbé sur les particules en suspension ou sur les sédiments. (HSDB, 2010)

Pour expliquer la diminution des concentrations en dichlorométhane dans les eaux, la volatilisation est un mécanisme majoritaire par rapport à la biodégradation. (HSDB, 2010)

Le dichlorométhane n'est que très exceptionnellement décelable dans les eaux de surface sur les bassins Rhin-Meuse et Loire-Bretagne. En revanche, il est parfois quantifié dans les eaux du bassin Rhône-Méditerranée, et surtout fréquemment dans les sédiments. Il est possible que le contraste entre ce bassin et les deux précédents provienne de la présence sur Rhône Méditerranée de plusieurs sites de production chimique très concernés par le dichlorométhane, alors qu'aucun n'a été identifié sur les deux autres bassins. Sur le Bassin Seine-Normandie, le dichlorométhane n'est pas détecté dans l'eau à l'exutoire des grands cours d'eau du bassin (Seine, Marne, Oise). (INERIS, 2005)

Sols

Dans le sol, le dichlorométhane a une mobilité élevée (HSDB, 2010)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles du dichlorométhane dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile**

- 04 01 Déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure
 - 04 01 03* déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide
- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 - 04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
 - 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 - 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 - 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 07 07 Déchets de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
 - 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
 - 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
 - 08 01 13* boues de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
 - 08 01 15* boues aqueuses contenant peinture ou vernis avec solvants organiques ou autres substances dangereuses
 - 08 01 17* déchets du décapage de peintures ou vernis avec solvants organiques ou autres substances dangereuses
 - 08 01 19* suspensions aqueuses de peinture ou vernis avec solvants organiques ou autres substances dangereuses
 - 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis

- 08 04 Déchets provenant de la FFDU de colles et mastics (dont produits d'étanchéité)
 - 08 04 09* déchets de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
 - 08 04 11* boues de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
 - 08 04 13* boues aqueuses contenant colles ou mastics avec solvants organiques ou autres substances dangereuses
 - 08 04 15* déchets liquides aqueux contenant colles ou mastics avec solvants organiques ou substances dangereuses

11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

- 11 01 Déchets du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (ex, procédés de galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, phosphatation, dégraissage alcalin et anodisation)
 - 11 01 13* déchets de dégraissage contenant des substances dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

- 14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques
 - 14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC
 - 14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés
 - 14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
 - 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des substances dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des substances dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des substances dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses
 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses

20 Déchets municipaux (ménagers et assimilés des commerces, industries et administrations),

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 13* solvants

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX (INERIS, 2011)****Prélèvements et conditionnement**

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, le flacon doit être rincé avec l'eau à analyser. Deux flacons doivent être réalisés pour un même échantillon. L'emploi de flacon scellé est fortement conseillé. Lors du transport, les brusques variations de température doivent être évitées. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- ✓ **par espace de tête** : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- ✓ **par purge et piégeage avec désorption thermique** : l'échantillon d'eau est transféré efficacement de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte. La vapeur est ensuite entraînée à travers un piège absorbant servant à collecter les composés organiques. Puis, le piège est chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.
- ✓ **par extraction liquide/liquide** : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- ✓ **par SPME (Micro-extraction sur phase solide)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode par espace de tête et la méthode par purge et piégeage avec désorption thermique.

Le principe consiste à introduire, dans un premier temps, une fibre de silice (de diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon serti. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents dans la phase gazeuse vers la phase solide de la fibre. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode par espace de tête (CG/ECD, CG/MS). Les cinétiques d'absorption/désorption sont délicates à maîtriser, c'est pourquoi les paramètres doivent être optimisés à chaque changement de matrice. C'est une méthode récemment utilisée dans les laboratoires et intéressante car elle permet un balayage rapide des échantillons à analyser.

Dosage**Méthode de dosage**

Le dosage se fait par chromatographie en phase gazeuse avec détection par capture d'électrons (ECD), ou avec détection par photo-ionisation (PID) ou avec détection par spectrométrie de masse (SM). Pour le système chromatographique, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction du gaz injecté.

METHODES DE PRELEVEMENT ET DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES**NF EN ISO 5667-3 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (juin 2004)**

Domaine d'application : Cette méthode donne les principes généraux sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau ponctuels et composites, vers un laboratoire d'analyse.

Principe : Cette méthode indique le meilleur flaconnage et stabilisant préconisé pour chaque paramètre. Pour mémoire, les matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire des contaminants.

Interférences : Se méfier de tout contaminant pouvant gêner l'analyse du paramètre.

NF EN ISO 10301 : Qualité de l'eau – Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils – Méthodes par chromatographie en phase gazeuse (juillet 1997)

Domaine d'application : La norme prescrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils (dont le chlorure de méthylène) :

- ✓ la première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide dans les eaux potables, les eaux souterraines, les eaux de piscine, la plupart des eaux de rivières et de lac, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels. La valeur limite de quantification pour le chlorure de méthylène est de 5 à 10 µg/l ;
- ✓ la deuxième méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique. La valeur limite de quantification pour le chlorure de méthylène est de 100 µg/l.

Principe : La norme prescrit deux méthodes par chromatographie en phase gazeuse :

- ✓ la première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide.

Les hydrocarbures halogénés très volatils sont extraits par un solvant organique. L'extrait est ensuite analysé par chromatographie en phase gazeuse, avec détection ECD.

- ✓ la seconde par dégazage statique de l'espace de tête.

Un volume fixe d'échantillon est prélevé dans des flacons hermétiquement fermés, sertis ou scellés, tous identiques. Les flacons sont maintenus à température constante dans un système à régulation de température dans des conditions propres à obtenir l'équilibre thermodynamique entre la phase liquide et la phase gazeuse. La teneur de la phase gazeuse en chlorure de méthylène, représentative de la teneur du prélèvement, est ensuite déterminée par chromatographie en phase gazeuse, avec détection à capture d'électrons ECD. Deux approches d'étalonnage sont détaillées : l'étalonnage interne ou l'étalonnage externe.

Interférences :

- Méthode par extraction liquide/liquide : les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons, aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.
- Méthode par espace de tête : les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et de l'analyse. Il est recommandé d'effectuer des blancs.

- Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure à 5 mg.L⁻¹, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, préparer des solutions étalons et de blancs dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.
- Éviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire.

NF ISO 15680 : Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie en phase gazeuse d'un certain nombre d'hydrocarbures aromatiques monocycliques, du naphthalène et de divers composés chlorés par dégazage, piégeage et désorption thermique (janvier 2004)

Domaine d'application : Cette norme internationale décrit une méthode générale de dosage des composés organiques volatils (COV) dans l'eau potable, l'eau souterraine, l'eau de surface, l'eau de mer et les eaux résiduaires (diluées).

En fonction du type de détecteur utilisé, la plage de travail typique va des limites inférieures de détection 10 ng/l jusqu'à 100 µg/l.

Principe : L'analyse est réalisée par dégazage dynamique et piégeage suivis d'une quantification par chromatographie en phase gazeuse. Un volume fixe d'échantillon est dégazé avec un volume fixe de gaz inerte pour extraire les composés volatils qui sont ensuite adsorbés. Le piégeage peut se faire, soit sur un piège garni de substance adsorbante (couplé ou non avec un système de cryofocalisation), soit directement sur un piège capillaire froid. Une fois le dégazage terminé, le piège est chauffé pour désorber les composés volatils qui sont ensuite quantifiés par chromatographie en phase gazeuse. La détection est réalisée de préférence par spectrométrie de masse en mode impact électronique (EI) mais d'autres détecteurs sont envisageables après vérification. La quantification est effectuée à l'aide des fragments caractéristiques choisis pour chaque analyte.

Interférences :

- L'utilisation d'une détection par spectrométrie de masse rend peu probable l'interférence non maîtrisée de pics co-élusés.
- La contamination des échantillons peut être introduite à toutes les étapes du mode opératoire d'analyse :
 - au cours du processus d'échantillonnage, les composés organiques volatils peuvent subir une évaporation ou un dégazage pendant le processus d'échantillonnage, le transport, le stockage ou la préparation des échantillons,
 - au cours du processus de dégazage et de piégeage, principalement due à une pureté insuffisante du gaz pour dégazage, ou à une contamination de la verrerie. Il convient que tous les matériels soient fabriqués en acier inoxydable ou en verre. Il est recommandé d'éviter les matériaux plastiques,
 - au cours du processus de désorption thermique, durant lequel l'absence de points froids doit être surveillée.
- La réalisation d'analyses à blanc permet de maîtriser la probabilité de telles interférences.

Méthode EPA 601 : Méthode "Purge and Trap" en chromatographie gazeuse pour l'analyse du dichlorométhane dans les effluents industriels et municipaux.

La méthode repose sur l'utilisation d'une colonne en acier inoxydable conditionnée avec du Carbox B (maille 60/80) avec un revêtement SP-1000, et une détection par conductivité électrolytique. Le gaz vecteur est de l'hélium, avec un débit de 40 ml/min.

L'injection d'un volume de 2 à 5 µl d'échantillon est suggérée. La température de la colonne est de 45°C pendant 3 minutes puis augmentée de 8°C par minutes jusqu'à atteindre 220°C.

Sensibilité : La limite de détection est de 0,25 µg/l

Méthode EPA 624 : Méthode "Purge and Trap" en chromatographie gazeuse / spectrométrie de masse pour l'analyse du dichlorométhane dans les effluents industriels et municipaux.

La méthode repose sur l'utilisation d'une colonne en verre conditionnée avec du Carboxen B (maille 60/80) avec un revêtement 1%SP-1000, et une détection par spectrométrie de masse. Le gaz vecteur est de l'hélium, avec un débit de 30 ml/min.

L'injection d'un volume de 2 à 5 µl d'échantillon est suggérée. La température de la colonne est de 45°C pendant 3 minutes puis augmentée de 8°C par minutes jusqu'à atteindre 220°C.

Sensibilité : La limite de détection est de 2,8 µg/l

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT¹¹⁶

Produits de substitution

Dichlorométhane utilisé en remplacement de substances plus dangereuses :

- ✓ Pour certaines applications, en particulier ses propriétés de solvants, le dichlorométhane peut être retenu en remplacement de solvants chlorés plus toxiques (1,2-dichloroéthane, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène) (INP, 2010)
- ✓ Retenu en remplacement des CFC dans les aérosols cosmétiques (cet usage est en diminution) dans les insecticides en spray ou peintures aérosols (INERIS, 2005)
- ✓ Utilisé comme solvant de nettoyage des réacteurs de polymérisation dans l'industrie du polyester ou de la fabrication de résines isocyanates, en remplacement de l'acétone, plus facilement inflammable. (INERIS, 2005)

Substitution du dichlorométhane par des substances moins dangereuses:

- ✓ Pour ses propriétés décapantes de peintures, dégraissage de supports variés, le dichlorométhane peut être remplacé par des solvants de nouvelle génération tels que les esters d'acides dicarboxyliques ("dibasic esters" ou "DBE"), le d-limonène ou la N-méthyl-2-pyrrolidone ("NMP"). (Begin, et al., 1999)
- ✓ Les DBE peuvent aussi remplacer avantageusement le dichlorométhane dans la fabrication du polyuréthane (Begin, et al., 1999)

¹¹⁶ Pour plus de détails, consulter les fiches "traitements" de ce rapport

Changement de process

La substitution des solvants par les DBE (esters d'acides dicarboxyliques) exige souvent un changement de procédé ou un changement des méthodes de travail. En effet, dans le domaine du décapage, aucun solvant de remplacement ne décape aussi rapidement que le dichlorométhane. En conséquence il faut prévoir plus de temps pour effectuer le même travail avec des décapants à base de DBE. Par contre les DBE étant très peu volatils, il est possible de les laisser agir plus longuement sur les surfaces à décaper sans crainte de pertes excessives par évaporation, limitant ainsi les quantités utilisées. Ceci peut également contrebalancer leur coût légèrement plus élevé par rapport au dichlorométhane. Les DBE sont généralement plus efficaces pour le décapage lorsqu'ils sont utilisés en mélange avec d'autres solvants, notamment la NMP (d-limonène ou la N-méthyl-2-pyrrolidone). La substitution des DBE à la place de solvants volatils comme le dichlorométhane pour le décapage exige des façons de faire différentes, en particulier parce qu'il requiert souvent plus de temps. (Begin, et al., 1999)

Le décapage physique (sablage), avec le risque d'endommager la surface et d'en altérer les propriétés ainsi que les problèmes liés au retraitement des éléments abrasifs plus ou moins contaminés. (INERIS, 2005)

Le décapage à la glace carbonique (INERIS, 2005)

Le décapage thermique ne peut s'appliquer que pour des pièces métalliques supportant une chaleur très élevée et donc son domaine d'application est très restreint, en comparaison du décapage chimique. (INERIS, 2005)

Traitement par biodégradation

Les mécanismes de biodégradation du dichlorométhane (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A (Jourdain, et al., 2007). Dans cette étude, des auteurs notent que le dichlorométhane n'est pas transformé significativement dans un bioréacteur avec des Clostridium.

Traitement par les stations d'épurations urbaines

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)

En 2004, l'INERIS n'a pas été en mesure de réunir des informations suffisantes sur le devenir du dichlorométhane dans les stations d'épuration urbaines (INERIS, 2005)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du dichlorométhane est de l'ordre de 2 à 10% en entrée comme en sortie de STEP. (INERIS, 2009)

Traitement par boues activées avec aération prolongée

On atteint un rendement d'élimination du dichlorométhane par les boues activées avec aération prolongée supérieur à 70%. (Choubert, et al., 2011)

Selon les études, le dichlorométhane est annoncé comme étant complètement biodégradé en 6 heures à 7 jours avec des boues activées en conditions aérobies. (HSDB, 2010) (PubChem, 2011)

Traitement par bioréacteur à membrane

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du dichlorométhane par bioréacteur à membrane est supérieur à 70%. (Choubert, et al., 2011)

Traitement par biodégradation en conditions anaérobies

Dans des eaux usées, le dichlorométhane peut être converti en CO₂ à 86-92% en utilisant une boue activée acclimatée. Une ½ vie de 11 jours a été rapportée dans une étude sur 30 à 60 jours avec des bactéries anaérobies des eaux souterraines. Une autre étude rapporte une ½ vie de 108 jours pour une concentration initiale en dichlorométhane de 3,5 mg/l. (HSDB, 2010) (PubChem, 2011)

Traitement par stripping

Bon rendement

Un des fabricants français de dichlorométhane indique utiliser un stripping pour traiter ses effluents aqueux, ce qui lui a permis d'aboutir à des rejets de l'ordre de 10 kg/an en 2003. (INERIS, 2005)

Selon le BREF des Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz dans l'industrie chimique, le stripping à la vapeur d'effluents aqueux contenant du dichlorométhane permet d'atteindre un taux de performance de 99%

REFERENCES

AQUAREF AQUAREF [En ligne]. - 2012. - <http://www.aquaref.fr>. - Aucune information concernant l'analyse de cette substance à la date de consultation .

Begin D. et Gérin M. La substitution des solvants par les esters d'acides dicarboxyliques (DBE) [En ligne] = Rapport B-056 // IRSST / éd. Travail Institut de recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du. - Université de Montréal - Canada, 1999. - <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/B-056.pdf>. - 49 pages. - ISBN : 2-551-19211-0.

BRGM Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures - Résultat de la phase 2 [Rapport] : Rapport final / BRGM. - 2006. - p. 10 pages. - BRGM-54183-FR, janvier 2006.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Dichloromethane [En ligne] // Toxnet. - 2010. - Mise à jour du 7 septembre 2010. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/?.?/temp/~SvysHC:1>.

IARC IARC monographs on evaluation of carcinogenic risk to humans - volume 71 [Rapport] = Dichlorométhane / IARC ; WHO - International Agency for Research on Cancer. - Lyon - France : [s.n.], 1999. - p. pages 251 à 316 . - En ligne : <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71.pdf> . - ISBN 92 832 1271 1.

INERIS Chlorure de méthylène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - 91 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - mise à jour du 20/09/2011.

INERIS Les substances dangereuses prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau - Fiches de données technico-économiques [Rapport] : Rapport d'étude - pour le compte du MEDD / Direction des Risques Chroniques - unité MECO ; INERIS. - 2005. - p. 267 pages. - Rapport final, janvier 2005. - Convention DE n°04000107 - thème n°5.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INP La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Actes du colloque « Conservation-Restauration et Sécurité des personnes », Draguignan, 3-5 février 2010,. - ISBN 978-2-9531978-1-5..

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarrigue C., RMC L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Mathon E. [et al.] Substances prioritaires DCE : méthodes d'analyse disponibles et capacités analytiques des laboratoires [Rapport] : Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM / BRGM. - 2011. - p. 189 pages. - En ligne : <http://www.aquaref.fr/system/files/Rapport%20substance%2060413%20completIA02%20280612.pdf>. - BRGM/RP-60413-FR décembre 2011.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

NIOSH Fiches de données de sécurité [En ligne] // The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / éd. Cards International Program Safety. - 2006. - consulté en juillet 2011. - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfrn/nfrnname.html> .

NTP Toxicology and carcinogenesis studies of dichloromethane [En ligne] = NIH publication n°86-2562 // NTP - National Toxicology Program - USA / éd. Services U.S. Department of Health and Human. - 1986. - http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr306.pdf. - 210 pages. - Technical report n°306.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem Methylene chloride [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2011. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=53789799&loc=es_rss#x27.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/> .

**CHLOROFORME
TRICHLOROMETHANE**

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales¹¹⁷ :**

- | | | |
|-----------------------|------------------------|-----|
| - trichlorométhane | - formyl trichloride | |
| - methane trichloride | - trichloroform | |
| - methenyl chloride | - methenyl trichloride | |
| - methyl trichloride | | |
| - NCI-CO2686 | - R20 (réfrigérant) | TCM |

Formule semi-développée : CHCl₃**N° CAS : 67-66-3****Formule développée**

Familles :
Composés organohalogénés
Trihalométhanes
COHV

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 119,38 (HSDB)

Solubilité dans l'eau : 8,20 g/l à 20°C (INERIS, 2011)
10,62 g/l à 0°C 8,95 g/l à 10°C 8,22 g/l à 20°C 3,81 g/l à 25°C (RMC, 2010)
7,95 g/l à 25°C (HSDB)

Pression de vapeur : 21,2 kPa à 20°C (RMC, 2010) 197 mm Hg à 25°C (HSDB)
21,262 kPa à 20°C (INERIS, 2011)

Point éclair : aucun (ChemSpider)

Temps de ½ vie dans le sol : infinie (INERIS, 2003)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : infinie (INERIS, 2003)

Constante de Henry : 299 Pa·m³/mol à 20°C 384 à 25°C (INERIS, 2011)

Log Kow : 1,97 (HSDB) (AQUAREF, 2011) 1,92 (US-EPA, 1996) 1,92 à 2,02 (INERIS, 2011)

Koc (l/kg) : 40 (US-EPA, 1996) 60 (INERIS, 2011) 34-196 (HSDB) 185 (INERIS, 2003)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Au cours d'un stockage prolongé, en présence d'oxygène et sous l'action de la lumière, le chloroforme a tendance à se décomposer en donnant du chlorure d'hydrogène, du chlore et de l'oxychlorure de carbone (phosgène), extrêmement toxique. (HSDB)
- La cristallisation à chaud du peroxyde de dibenzoyl dans le chloroforme est explosive (Leleu, et al., 2004)
- Le chloroforme est oxydé par les agents oxydants forts tels que l'acide chromique, avec formation de phosgène et de chlore gazeux (HSDB)
- Le mélange de chloroforme et d'acétone réagissent fortement et exothermiquement en présence d'hydroxyde de potassium ou d'hydroxyde de calcium solide. Il en est de même pour le mélange de chloroforme et de méthanol (ou d'éthanol) en présence d'hydroxyde de sodium (HSDB)
- Le mélange de chloroforme et de tétraoxyde de dinitrogène est explosif (HSDB)
- La poudre d'oxyde de fer lavée au chloroforme peut donner lieu à une réaction explosive au contact de l'air (Leleu, et al., 2004)
- De la poudre d'aluminium chauffée à 125°C en présence d'un mélange de tétrachlorure de carbone et de chloroforme dans un système clos produit une réaction explosive (HSDB)
- Un mélange d'acide perchlorique et de chloroforme a donné une réaction explosive au contact de pentaoxyde de phosphore (Leleu, et al., 2004)
- Le chloroforme peut réagir violemment au contact de diverses substances : le disilane, le triisopropylphosphine, de nombreux métaux alcalins, de l'acide chlorhydrique, du magnésium, des fluorures... (HSDB)
- Le chloroforme liquide attaque certains plastiques, caoutchouc et revêtements. (HSDB)
- Le chloroforme réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type Wil-Flex™, Sani-Flex®, polyuréthane, Buna-N®, Nordel®, mais aussi avec l'aluminium, la fonte, le nylon, le polypropylène et le propylène.¹¹⁸

¹¹⁷ Liste non exhaustive¹¹⁸ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>**Métabolites connus dans les stations d'épuration :**

- Le chloroforme n'est pas biodégradable en milieu aérobie (INERIS, 2005)
- En milieu anaérobie, des demi-vies de 10 à 14 jours ont été mesurées (INERIS, 2005)
- Dans les sols, le chloroforme se dégrade en dichlorométhane et autres sous produits non identifiés (Jourdain, et al., 2007), (BRGM, 2006)

Impuretés : (HSDB)

chlorure de méthylène (200ppm)	tétrachlorure de carbone (250ppm)	bromochlorométhane (300ppm)
chlorure de vinylidène (100ppm)	1,2-dichloroéthylène (100ppm)	bromodichloroéthane
bromodichlorométhane	dibromodichloroéthane	dibromodichlorométhane
1,1-dichloroéthane	1,2-dichloroéthane	cis-1,2-dichloroéthène
dichlorométhane	diéthyl carbonate	éthyl benzène
pyridine	n-nitrosomorpholine	1,1,2,2-tétrachloroéthane
trichloroéthylène	2-méthoxyéthanolnitrométhane	xylènes
L'éthanol est utilisé (0,75%) comme stabilisant (INERIS, 2011)		

Toxicité et écotoxicité :NQE-MA¹¹⁹ : 2,5 µg/l (Dir. 2008/105/CE)NQE-CMA¹²⁰ : sans objet (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 1 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC chronique eau douce : 0,146 mg/l (INERIS, 2003) (INERIS, 2011)

Occurrence du chloroforme dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés¹²¹ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1 120 g/j** (77 sites - 416 mesures - 3 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le chloroforme est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4 ; les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'éthylbenzène de l'ensemble du secteur 3.

Compte tenu de la présence de flux supérieurs aux seuils, le chloroforme est une substance d'intérêt pour le sous secteur 3.4 (lavage de citernes).

Le chloroforme ne fait pas partie des cinq premières substances d'intérêt pour les sous-secteurs 3.1 (regroupement et traitement DD) et 3.5 (autres sites de traitement de DND) bien que 1 flux supérieur au seuil surveillance et un flux supérieur au seuil de réduction aient été détectés pour chacun d'eux.

Traitabilité¹²²

Traitement par stripping : principalement utilisé en recyclage et dans le l'objectif d'une récupération de produit

Traitement par adsorption : Ce traitement semble être l'un des plus efficaces pour les micropolluants (taux d'élimination de 99%)

Biodégradable (Jourdain, et al., 2007) dans certaines conditions (HSDB)

Le chloroforme n'est pas biodégradable en milieu aérobie (INERIS, 2011)

Traitement biologique : il est possible d'atteindre un rendement d'élimination supérieur à 70% du trichlorométhane par les boues activées avec aération prolongée.

¹¹⁹ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle¹²⁰ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible¹²¹ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné¹²² Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC**¹²³ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE¹²⁴
 - Le chloroforme fait partie de l'annexe I qui définit des NQE.
 - Le chloroforme fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
- **Arrêté** du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)¹²⁵
 - Le chloroforme n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances¹²⁶;
 - Substance soumise à restriction (annexe XVII) - Ne peut être utilisé en concentration supérieure ou égale à 0,1% dans les substances et préparations destinées à la vente au grand public et/ou aux applications conduisant à une diffusion, telles que le nettoyage des surfaces et le nettoyage des tissus. L'emballage de ces substances et des préparations qui en contiennent en concentration supérieure ou égale à 0,1% doit porter l'inscription lisible et indélébile suivante: "Réservé aux installations industrielles". Par dérogation, cette disposition n'est pas applicable aux médicaments ou produits vétérinaires ainsi qu'aux produits cosmétiques.
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Susceptible de provoquer le cancer, cat. de danger 2
Acute Tox. 4	H302	Nocif en cas d'ingestion
STOT RE 2	H373	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition répétée, cat.de danger 2, Risques présumé d'effets graves
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**¹²⁷
 - Le chloroforme n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an¹²⁸

¹²³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>¹²⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>¹²⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2¹²⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>¹²⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11¹²⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**¹²⁹
 - Annexe 1 : le chloroforme fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux
 - L'annexe 5 proscrit la filtration pour l'analyse du chloroforme dans les effluents aqueux.
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 1 µg/l
- **PBT** : non listé (INERIS, 2011)

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**Production naturelle**

Le chloroforme est une molécule d'origine naturelle issue de réactions d'halogénéation, sa présence dans l'environnement est due pour 90% à des émissions non anthropiques. (INERIS, 2006)

Certaines algues rouges (*Asparagopsis armata* et *A. taxiformis*) sont connues pour leur synthèse de chloroforme (HSDB)

Les sols de certaines forêts de résineux émettent du chloroforme par exemple 127 ng/kg de sol frais/jour au Danemark ou plus de 1 000 ng/m²/heure sur des sols de forêts dégradées. (HSDB)

Dans l'atmosphère, le chloroforme est produit par la photodégradation des trichloroéthylènes. (HSDB) et du 1,2-dichloroéthane (INERIS, 2006-b)

Production anthropique involontaire

Selon l'OMS, le chloroforme peut être produit involontairement lors de la désinfection de l'eau par des procédés au chlore. Cette production est difficilement estimable mais elle est, semble-t-il, très importante et représente la majeure partie du chloroforme anthropique rejeté dans l'environnement. Ce phénomène est inévitable et dépend de nombreux facteurs comme la température, le pH et les procédés de traitements (RMC, 2010)

Le chloroforme [...] peut être synthétisé en présence d'eau de javel et de matière organique. [...] Ces substances seront donc à rechercher dans les rejets aqueux dès lors que les pratiques et les produits utilisés sur le site industriel, notamment de type tour aéroréfrigérante, pourront conduire à l'apparition de ces substances. (Circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action RSDE présentes dans les rejets des (ICPE) soumises à autorisation¹³⁰)

Une des sources de formation involontaire de chloroforme par les activités anthropiques et d'émission directe dans l'environnement est le traitement par chloration des eaux de distribution, des eaux usées municipales et des eaux de refroidissement des centrales électriques. (HSDB)

¹²⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15¹³⁰ Circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action RSDE présentes dans les rejets des (ICPE) soumises à autorisation

En raison de la présence de matière organique et de chlore dans les eaux de distribution, on retrouvera du chloroforme dans les eaux de piscine, et les eaux chaudes domestiques (en particulier lors des douches). (INERIS, 2011)

La production industrielle de chloroforme, son utilisation pour la synthèse d'hydrofluorocarbure ou de dichlorure d'éthylène, comme solvant, intermédiaire de synthèse chimique, réactif pour nettoyage à sec, ou encore pour la production de gommes synthétiques est à l'origine d'émissions anthropiques dans l'environnement (HSDB)

Le chloroforme est un sous-produit de dégradation du tétrachlorométhane (Jourdain, et al., 2007) et du tétrachlorure de carbone (BRGM, 2006)

Du chloroforme peut être émis lors du lavage de citernes (RMC, 2010)

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse / Production

Industriellement, le chloroforme peut-être produit de différentes façons :

- ✓ **Par chloration directe du méthane.** On obtient alors un mélange de chlorométhane (chlorométhane, dichlorométhane, trichlorométhane, tétrachlorométhane) et de chlorure d'hydrogène. Ces différents composés sont ensuite séparés.
- ✓ Par chloration du méthane (INERIS, 2011)
- ✓ Par chloration du chlorure de méthyle produit par la réaction du méthanol avec l'acide chlorhydrique (INERIS, 2011)
- ✓ **Ou encore** en faisant réagir de l'acide sulfurique sur de l'acétone et de l'eau de javel en poudre, ou encore en faisant réagir de la chaux chlorée avec de l'acétone, de l'acétaldéhyde ou de l'éthanol. (HSDB)

Selon le syndicat des halogènes et dérivés, la production française de chloroforme serait actuellement en dessous des capacités de production et avoisinerait les 90 kT/an. (INERIS, 2006)

Utilisation générale

Historiquement, le chloroforme était principalement utilisé pour la **synthèse du chlorodifluorométhane (HCFC-22)** destiné à la réfrigération ou à la production de chloro-fluoropolymères, et, dans une moindre mesure comme réactif de laboratoire ou solvant pour l'extraction de produits pharmaceutiques (INERIS, 2011). Actuellement, le HCFC-22 est un fluide réfrigérant soumis au protocole de Montréal sur la réduction des émissions de frigorigènes responsables de la destruction de la couche d'ozone. Ainsi, même si le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone du HCFC-22 est beaucoup plus bas que celui des chlorofluorocarbones (CFC) sa production et son utilisation seront interdites à terme (commission européenne, 2000). Ainsi, depuis le 01/01/2004, il est interdit d'utiliser des HCFC dans tout équipement de froid, et pour la production de toutes les mousses. Depuis le 01/01/2009, il est également interdit d'utiliser des HCFC dans tous les usages de solvants et depuis le 01/01/2010 il est interdit de mettre sur le marché du HCFC vierge avant une interdiction complète de la production de HCFC le 01/01/2026. Suite à ces différentes réglementations, la consommation de HCFC-22 devrait être nulle au 01/01/2010. (INERIS, 2006)

La fabrication du chlorodifluorométhane (HCFC-22) destiné à la réfrigération ou à la production de fluoropolymères représentait, selon l'OMS (2004), entre 90 et 95% de la consommation de chloroforme. (INERIS, 2006)

En revanche, les utilisations des HCFC et en particulier du HCFC-22 (chlorodifluorométhane) dans les laboratoires, comme intermédiaire de synthèse et comme agent de fabrication sont autorisées. Ainsi, le chlorodifluorométhane pourra toujours être produit et utilisé comme intermédiaire réactionnel dans la **synthèse de résines fluorocarbonées** (INERIS, 2006) telles que le PTFE (polytétrafluoroéthylène) (HSDB)

Dans une moindre mesure, le chloroforme est aussi utilisé comme **réactif de laboratoire** et **solvant d'extraction** dans l'industrie pharmaceutique. (HSDB)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique de l'éthylbenzène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

Utilisation dans les autres secteurs industriels

Industrie de la chimie

- Historiquement : fabrication du chlorodifluorométhane (HCFC-22) destiné à la réfrigération ou à la production de fluoropolymères.
- Intermédiaire de synthèse et agent de fabrication en particulier pour la synthèse de résines fluorocarbonées. (RMC, 2010), matières premières pour l'élaboration du PTFE (HSDB)
- **Téflon** : En ce qui concerne les autres usages du HCFC-22, celui-ci sert à la synthèse de résines fluorocarbonées et en particulier le polytétrafluoroéthylène (PTFE) également appelé sous son nom commercial Teflon® et qui possède de nombreux usages (Vignes J.L., 1997 cité par (RMC, 2010) On retrouve le TEFLON dans les secteurs Mécanique, automobile, aviation, industriel, construction, électrique, protection de l'environnement, médecine, sport, etc.
- **Solvant pour les revêtements** de résines à base d'urée ou de mélamines, et pour la préparation d'additifs **lubrifiants** ou d'agents **plastifiants**, d'agents **tensio-actifs**, d'agents de **flottation**, d'agent **anti-moussant**. (HSDB)
- **Solvant** pour les graisses, huiles, les cires, colles, alcalis, gutta-percha, résines. (HSDB)
- Intermédiaire pour la synthèse de **pesticides** (HSDB)
- Intermédiaire pour la synthèse de **teintures** (HSDB)
- Intermédiaire de synthèse du **tribromométhane** et du **peroxyde d'hydrogène** (HSDB)

Industries de la parfumerie, huiles essentielles et arômes

- Extraction par la vapeur des huiles essentielles et des alcaloïdes. (RMC, 2010)

Site de synthèse ou de transformation de produits pétroliers (RMC, 2010)

- Revêtement de tuyauterie (sous-produit)
- Utilisé en tant que solvant ou réactif
- On retrouve le chloroforme au sein des procédés de traitement des gaz (désulfuration des gaz issus des centrales thermiques, **filtres à poussières** dans les procédés industriels...)

Abattoirs

- Utilisation du chloroforme pour la mise à mort des animaux à fourrure (RMC, 2010)

Colles et adhésifs

- Utilisations des dérivés chlorés, en tant que **solvants** et **agents de purification** dans l'industrie des matières plastiques. Peuvent être utilisés comme **diluants** de colles, adhésifs (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

- Utilisé comme **solvant** (RMC, 2010)

Ennoblement textile

- Utilisé par le biais du **Téflon** dans le secteur de l'habillement, des textiles. (RMC, 2010)

Blanchisserie

- Les principales utilisations des dérivés chlorés, en tant que **solvants**, concernent entre autres le **nettoyage à sec** (RMC, 2010)

Préparation de pâtes chimiques, de papier carton

- Rejet de chloroforme en raison de la formation indirecte via d'autres substances (INERIS, 2006); (RMC, 2010)

Formulation galénique de produits pharmaceutiques

- Utilisation du chloroforme comme **réactif de laboratoire** et **solvant** pour l'extraction de produits pharmaceutiques (antibiotiques tels que la pénicilline, hormones, nicotine, quinine, vitamines...). Cette utilisation ne représente qu'une faible fraction de la production (RMC, 2010)
- Utilisation historique du chloroforme comme agent anesthésiant et dans des préparations pharmaceutiques, cet usage est en régression. (HSDB)
- Composant de certains pastilles et sirops antitussifs, linéaments, traitements contre les rages de dents et antiémétiques. (HSDB)

Autres utilisations industrielles

- Le chloroforme est utilisé dans les **extincteurs** pour diminuer la température de congélation du tétrachlorure de carbone. (HSDB)
- Le chloroforme est utilisé comme pesticide pour le traitement des grains en silos (orge, maïs, avoine, blé, riz, seigle, sorgho et froment). (HSDB)
- Le chloroforme est utilisé pour traiter les semis de tabac contre la rouille et le mildiou (HSDB)
- Le chloroforme est utilisé comme agent de sapidité. (HSDB)
- Le chloroforme est encore utilisé comme anesthésique et solvant dans certaines opérations de chirurgie dentaire. (HSDB)

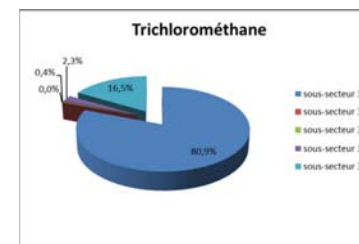
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) : 1 120,1 g/j soit 1,1 kg/j (77 sites - 416 mesures - 3 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 29 sites (153 mesures - contributeur à **81%** au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **905,7 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 7 sites (34 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 17 sites (106 mesures - contributeur à **0,4%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **4,1 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 12 sites (59 mesures - contributeur à **2,3%** au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **25,3 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 11 sites (64 mesures - contributeur à **16,5%** au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **185,0 g/j**

Répartition des flux en éthylbenzène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.4 Lavage de citernes

3.3 UIOM

3.2 Installations de stockage DND

3.5 Autres sites de traitement DND

Note : le trichlorométhane (chloroforme) est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de chloroforme de l'ensemble des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.3, et 3.5. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de chloroforme dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le chloroforme est détecté dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Plus récemment, le projet AMPERES a montré que le chloroforme était détecté dans près de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 1 et 10 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans les effluents des autres industries

Selon l'OMS, en ce qui concerne les sources anthropiques, le chloroforme peut être relâché dans l'environnement par des processus directs (production, stockage, transfert ou utilisation) ou en raison de sa formation indirecte via d'autres substances, dans les procédés comme le blanchiment du papier avec le chlore et la chloration de l'eau. Les papeteries et les usines de pâte à papier, les stations d'épuration des eaux usées municipales, les usines de chimie et les incinérateurs de déchets représentent les principales sources anthropiques de chloroforme. Les usines qui produisent ou utilisent du chloroforme ou du HCFC-22 sont susceptibles de laisser échapper du chloroforme dans l'environnement. Ces émissions sont en forte diminution (INERIS, 2006)

Une étude est menée sur près d'un millier d'ICPE dans le cadre du premier volet de l'action nationale RSDE. Il apparaît alors que sur les 1 084 mesures ponctuelles réalisées, le chloroforme a été détecté 261 fois, et le flux annuel dans l'eau de ces rejets représente 13 t (ce qui est cohérent avec les données de la base IREP). Par ailleurs, cette étude permet de constater qu'en plus du secteur de la chimie, certaines installations rejetant du chloroforme appartiennent aux secteurs de la papeterie et des stations d'épurations urbaines. (INERIS, 2006)

Présence dans l'environnement

Compartment atmosphérique

Le chloroforme est très volatil, il va donc se retrouver essentiellement dans l'atmosphère. L'OMS considère même que plus de 99% du chloroforme émis est finalement concentré dans l'air. Malgré sa solubilité dans l'eau, les dépôts humides du chloroforme atmosphérique se volatilisent rapidement. Dans l'air, le chloroforme réagit photochimiquement avec les radicaux libres et se dégrade. Toutefois sa demi-vie est assez longue et varie entre 55 et 620 jours. L'INERIS estime que sa demi-vie est de 105 jours. (INERIS, 2006)

Selon une étude citée par l'OMS, des concentrations moyennes en chloroforme de l'ordre de 0,09 µg/m³ ont été mesurées dans l'air à différents points du globe éloignés d'activités humaines. Au dessus de l'océan atlantique, des concentrations allant de 0,05 à 0,1 µg/m³ ont également été mesurées. En revanche dans des régions habitées, on constate que les concentrations en chloroforme sont plus faibles dans les zones rurales, plus importantes dans les zones urbaines et les plus fortes aux abords de grands axes routiers. Les concentrations moyennes annuelles peuvent alors varier de 0,1 à 0,18 µg/m³. Toutefois les plus fortes concentrations moyennes ont été mesurées dans des atmosphères intérieures, en particulier dans des atmosphères enfumées par le tabac où on a pu mesurer des concentrations de 16 µg/m³. (INERIS, 2006)

Concentration ubiquitaire dans l'air: < 0,2 µg/m³ (INERIS, 2011)

Eau / sédiments

Le chloroforme est soluble dans l'eau. Très mobile dans le sol il peut atteindre les eaux souterraines par lixiviation. Enfin, il s'évapore facilement en milieu aqueux ou à partir du sol. (INERIS, 2011)

La concentration de référence dans des rivières non polluées par le chloroforme est de 0,5 µg/L. Les concentrations en chloroforme peuvent fortement augmenter dans des rivières industrialisées. Des niveaux supérieurs à 10 µg/L ont pu être mesurés. (INERIS, 2006)

Le chloroforme étant un sous produit du traitement de potabilisation de l'eau, on retrouve des traces importantes de chloroforme dans de l'eau potable. Une étude canadienne (OMS) a ainsi mesuré une concentration moyenne de chloroforme de 47,3 µg/l dans différents échantillons d'eau potable provenant de régions différentes, et ce durant plusieurs années. (INERIS, 2006)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de chloroforme dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le flux estimé en chloroforme est d'environ 2 kg/jour. (Pojer, 2008)

Concentration ubiquitaire dans les eaux de surface ou souterraines : < 0,3 µg/l (INERIS, 2011)

Sols

Dans des conditions normales d'environnement le chloroforme n'est pas biodégradé dans les sols. Toutefois, certaines études ont montré qu'à faibles concentrations, dans des conditions anaérobies, il pouvait être dégradé par des bactéries méthanogènes, en présence d'un substrat tel que l'acide acétique. (HSDB)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du chloroforme dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

- 04 01 Déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure
 - 04 01 03* déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide
- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 - 04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
 - 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 - 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 07 07 Déchets de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrometallurgie des métaux non ferreux

- 11 01 Déchets du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (ex, procédés de galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, phosphatation, dégraissage alcalin et anodisation)
 11 01 13* déchets de dégraissage contenant des substances dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

- 14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques
 14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC
 14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés
 14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, dont les mélanges
 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses
 16 10 03* concentrés aqueux contenant des substances dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des substances dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des substances dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 13* solvants

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX (AQUAREF, 2011)

Avertissement : Il faut proscrire la filtration pour éviter les pertes de substance.

Prélèvements

Matériel de prélèvement :

- Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever
- Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons
- Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner)
- Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire
- Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement
- Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Conditionnement**Flacons destinés à l'analyse :**

- Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé
- Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium
- Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500°C)
- Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blancs de flaconnage)

Prélèvement et transport :

- Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête
- Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage. Remplir jusqu'au repère.
- Lors du prélèvement, éviter trop de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes par dégazage de la substance à échantillonner
- Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/l), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement
- Après le prélèvement ajuster à une valeur de pH comprise entre 1 et 2 avec de l'acide sulfurique
- Transporter les échantillons à 5±3°C à l'abri de la lumière, sous un délai de 24h.

Prétraitement

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse :

- pour la verrerie jaugée : à l'aide d'un agent nettoyant puis au solvant.
- pour la verrerie non jaugée par calcination à 500°C pendant 8h.

Avant analyse, si le flacon n'est pas le flacon d'analyse, transférer délicatement sans turbulence une partie de l'échantillon dans une fiole d'espace de tête et fermer le septum ou le couvercle à système serti, si l'analyse est réalisée en espace de tête. Ou extraire dans les 24h suivant le prélèvement si l'extraction est choisie.

Remise à température ambiante en vue de l'analyse.

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Les échantillons ne doivent pas être dilués, préférer étendre la fonction d'étalonnage pour éviter les pertes de substance, et l'extrait ne doit pas être concentré par évaporation.

Stockage / conservation

Les échantillons doivent être extraits dans les 24h après le prélèvement et doivent être conservés à 3 ± 2°C. Les extraits peuvent être conservés plus longtemps.

Si cette analyse ne peut être effectuée immédiatement, conserver l'extrait de solvant dans un flacon hermétiquement fermé à une température d'environ 4 °C, durant un mois au maximum.

Dosage**Méthode de dosage**

- **NF EN ISO 15680 (janvier 2004)** Dosage par chromatographie en phase gazeuse par dégazage, piégeage et désorption thermique.
- **NF EN ISO 10301 (juillet 1997)** Dosage par chromatographie en phase gazeuse, méthode par espace de tête statique ou après extraction liquide/liquide.

Interférences

Matières en suspension : Pour les composés volatils, le traitement de l'échantillon brut par filtration est à proscrire, les substances sont à rechercher sur l'eau brute.

Limite de détection

- ✓ Avec la méthode dégazage, piégeage et désorption thermique & chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS) : le niveau NQ/3 est difficilement atteignable.
- ✓ Avec la méthode extraction liquide/liquide & chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à capture d'électrons (GC-ECD) : le niveau NQ/3 n'est pas atteignable.

Eaux (INERIS, 2011)**Prélèvements et conditionnement**

Prélèvement en flacon scellé : Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- **Par head-space** : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- **Par purge and trap** : l'échantillon d'eau est transféré efficacement de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège absorbant servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.
- **Par extraction liquide/liquide** : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- **Par SPME (Solid Phase Micro Extraction)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode head-space et la méthode purge and trap. Le principe consiste à introduire une fibre de silice (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon serti. Grâce à sa polarité, la fibre va ainsi concentrer, par un transfert de matière, les polluants présents en phase gazeuse vers la phase solide de la fibre. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode head-space (CG/ECD, CG/MS). Les cinétiques d'adsorption/désorption étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque fois (changement de matrice de l'échantillon) de bien optimiser ces paramètres. C'est cependant une méthode qui est de plus en plus utilisée dans les laboratoires (méthode intéressante pour faire un balayage rapide des échantillons à analyser).

Dosage

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système chromatographique en phase gazeuse et, dans un deuxième temps, détection et dosage par un détecteur spécifique (ECD/PID/FID ou SM). Pour le système chromatographique, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction du gaz injecté.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX**NF EN ISO 15680 (janvier 2004) - Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie en phase gazeuse d'un certain nombre d'hydrocarbures aromatiques monocycliques, du naphthalène et de divers composés chlorés par dégazage, piégeage et désorption thermique.**

Domaine d'application : Cette norme internationale décrit une méthode générale de dosage des composés organiques volatils (COV) dans l'eau potable, l'eau souterraine, l'eau de surface, l'eau de mer et les eaux résiduaires (diluées). En fonction du type de détecteur utilisé, le domaine d'application se situe entre 10 ng.L⁻¹ et 100 µg.L⁻¹.

Principe : L'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse, après un dégazage dynamique et un piégeage. Un volume fixe d'échantillon est dégazé avec un volume fixe de gaz inerte pour extraire les composés volatils qui sont ensuite adsorbés. Le piégeage peut se faire, soit sur un piège garni de substances adsorbantes (couplé ou non avec un système de cryofocalisation), soit directement sur un piège capillaire froid. Une fois le dégazage terminé, le piège est chauffé pour désorber les composés volatils qui sont ensuite quantifiés par chromatographie en phase gazeuse.

La détection est réalisée de préférence par spectrométrie de masse en mode impact électronique (EI) mais d'autres détecteurs sont envisageables après vérification.

La quantification est effectuée à l'aide des fragments caractéristiques choisis pour chaque analyte.

Interférences : L'utilisation d'une détection par spectrométrie de masse rend peu probable l'interférence non maîtrisée de pics coélus.

Une contamination des échantillons peut être introduite à toutes les étapes du mode opératoire d'analyse :

- au cours du processus d'échantillonnage, les composés organiques volatils peuvent subir une évaporation ou un dégazage pendant le processus d'échantillonnage, le transport, le stockage ou la préparation des échantillons,
- au cours du processus de dégazage et de piégeage, principalement due à une pureté insuffisante du gaz pour dégazage, ou à une contamination de la verrerie. Tous les matériels doivent être en acier inoxydable ou en verre. Il est recommandé d'éviter les matériaux plastiques,
- au cours du processus de désorption thermique, durant lequel l'absence de points froids doit être surveillée. La réalisation de blancs permet de maîtriser la probabilité de telles interférences.

Limite de quantification usuelle :

Limites analytiques issues du domaine d'application de la norme) : 0,008 µg/l

LQ couramment constatées en GC/MS ou GC/ECD : 1 µg/l

NF EN ISO 10301 (juillet 1997) – Qualité de l'eau – Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils – Méthodes par chromatographie en phase gazeuse.

Domaine d'application : La norme prescrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils (dont le chloroforme), par chromatographie en phase gazeuse :

- ✓ La première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide dans les eaux potables, les eaux souterraines, les eaux de piscine, la plupart des eaux de rivières et de lac, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels. La valeur limite de quantification pour le chloroforme est de 0,05 à 0,3 µg/l.
- ✓ La deuxième méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique. La valeur limite de quantification pour le chloroforme est de 0,3 µg/l.

Interférences :

- ✓ **Méthode par extraction liquide/liquide :** Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons et aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.
- ✓ **Méthode par espace de tête :** Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et de l'analyse. Il est recommandé d'effectuer des essais à blanc.
- ✓ Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure à 5 mg/l, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, préparer des solutions étalons et de blanc dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.
- ✓ Éviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire.

Limite de quantification usuelle :

Limites analytiques issues du domaine d'application de la norme) : 0,05 - 0,3 µg/l

LQ couramment constatées en GC/ECD : 1 µg/l

EPA 5030A (1992) : Purge and Trap

Domaine d'application : La méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le chloroforme) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. La méthode EPA 5030A peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition au dessous de 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau. Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique ; toutefois, les limites de quantification (par GC ou GC/MS) sont approximativement 10 fois plus élevées.

La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-halogénés volatils (dont le chloroforme) par purge and trap. La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- ✓ **EPA 8021A (1994) Dosage des composés volatils halogénés par chromatographie gaz avec colonne capillaire, utilisation des détecteurs PID et ECD en série.** Cette méthode de dosage permet de doser les composés volatils halogénés à des concentrations de l'ordre de 0,1 µg/l à 200 µg/l. La limite de quantification pour le chloroforme est de 1 µg/l dans les échantillons d'eau de surface.
- ✓ **EPA 8260A (1994) Dosage des composés organiques volatils par chromatographie en phase gazeuse avec colonne capillaire couplée à la spectrométrie de masse.** Pour le chloroforme, la limite de quantification estimée avec cette méthode est de 5 µg/l dans les échantillons d'eau de surface, de 0,5 mg/kg de produit sec pour les déchets et de 5 µg/kg de produit sec pour les sols et les sédiments.

Interférences :

- ✓ Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbures et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection. Les sources majeures de contamination sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions. L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des appareils comportant des pièces en caoutchouc doivent être évités.
- ✓ La prise d'essai de l'extrait méthanolique pour les concentrations supérieures à 1 mg/kg doit être minimale, ce pour éviter de saturer le support solide.

EPA 3810 (1986) Espace de tête statique

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le chloroforme) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés organo-halogénés volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 125° C.

La méthode est une **technique espace de tête statique** pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser. La détection des organo-halogénés volatils (dont le chloroforme) peut être effectuée selon les diverses méthodes EPA suivantes :

- ✓ **EPA 8010B (1994) «Dosage des composés organo-halogénés volatils»** qui annonce une limite de détection de 0,002 µg/l pour le chloroforme.
- ✓ **EPA 8240B (1994) «Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse».** La limite de quantification du chloroforme selon cette méthode est de 5 µg/kg de produit sec dans les sols et les sédiments, 0,5 mg/kg pour les déchets et de 5 µg/l pour les eaux de surface.

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase dissoute.

Interférences :

- ✓ Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les hydrocarbures chlorofluorocarbonés et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection.
- ✓ L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.
- ✓ Éviter de passer des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution dans les industries du secteur du déchet**

Le chloroforme n'étant pas utilisé dans les process des industries du déchet, il n'est pas susceptible d'être substitué par une autre substance.

Changement de process : réduction de la néoformation de chloroforme lors des traitements au chlore

En remplaçant le chlore par du dioxyde de chlore, on limite la formation des trihalométhanes. Cette solution peut-être en particulier préconisée pour les usines de pâtes à papier. (INERIS, 2006)

Produits de substitution

Le chloroforme utilisé en remplacement de substances plus dangereuses :

- ✓ Le chloroforme est préconisé en remplacement du tétrachlorure de carbone comme substitut pour la préparation de médicaments, de pesticides et d'arômes (INERIS, 2007)

Réduction dans les effluents**Traitement par adsorption sur charbon actif** (INERIS, 2006) (RMC, 2010)

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micropolluants (taux d'élimination de 99%).

Traitement par stripping (INERIS, 2006) (RMC, 2010)

Ce traitement est principalement utilisé lorsqu'on veut récupérer le produit en vue de son recyclage

Traitement par les stations d'épurations urbaines

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du chloroforme est d'environ 15%, en entrée comme en sortie de STEP.

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

Selon le projet AMPERES on peut atteindre un rendement d'élimination supérieur à 70% du trichlorométhane par les boues activées avec aération prolongée.

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique (Choubert, et al., 2011)**Traitement par boues activées avec aération prolongée**

Selon le projet AMPERES on peut atteindre un rendement d'élimination supérieur à 70% du trichlorométhane par les boues activées avec aération prolongée.

Traitements combinés

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du **chloroforme** par décantation primaire suivie d'un traitement physico-chimique et d'un biofiltre était supérieur à 70% (en zone urbaine).

Traitement par biodégradation aérobie (INERIS, 2011)

Le chloroforme n'est pas biodégradable en milieu aérobie (eaux de surface, sols). Les résultats disponibles en milieu aérobie sont :

- 0% de dégradation après 14 jours (méthode OCDE 301C)
- 0% de dégradation après 175 jours (100 µg/l avec une boue de station d'épuration, à 20°C)

Traitement par biodégradation anaérobie (INERIS, 2011)

En milieu anaérobie, des demi-vies de 10 à 14 jours ont été mesurées pour le chloroforme. La dégradation en anaérobie est confirmée par les résultats suivants :

- 15 et 81% de dégradation après 14 jours pour des concentrations de 16 et 34 µg/l en présence de bactéries méthanogènes,
- 89% de dégradation après 30 jours pour des concentrations <1,57 mg/l en présence de bactéries méthanogènes alimentées en continu.

Procédés d'oxydation avancés (REX ARCADIS)

Les procédés d'oxydation avancés constituent actuellement le seul traitement existant pour traiter les cyanides présents notamment dans les lixiviats. L'oxydant généralement utilisé est le chlore. Du chloroforme est cependant formé et doit être traité, par stripping par exemple

REFERENCES

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Chloroforme [En ligne] // AQUAREF. - 2011. - <http://www.aquaref.fr>. - Méthodes d'analyses dans les eaux.

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coïlée sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Bonnet C. Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : [www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html](http://www.lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html).

BRGM Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures - Résultat de la phase 2 [Rapport] : Rapport final / BRGM. - 2006. - p. 10 pages. - BRGM-54183-FR, janvier 2006.

ChemSpider ChemSpider [En ligne] // The Free Chemical Database. - consulté en mai 2011. - <http://www.chemspider.com/>.

Choubert J.-M. [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration - Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Revue] = Dossier : Micropolluants et eaux usées - les résultats du projet AMPERES // TSM - Techniques Sciences et Méthodes. - 2011. - n° 1/2 2011. - pp. pp 44-62.

Choubert J.-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Coquery M. [et al.] Mesurer les micropolluants dans les eaux usées brutes et traitées - Protocoles et résultats pour l'analyse des concentrations et des flux [Revue] = Dossier : Micropolluants et eaux usées - les résultats du projet AMPERES // TSM - Techniques Sciences et Méthodes. - 2011. - n° 1/2 2011. - pp. pp 24-43.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Chloroforme [En ligne] // Toxnet. - version mise à jour en janvier 2012. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~x4SVD0:1>.

INERIS 1,2-dichloroéthane - Données technico-économiques [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - 2006-b. - mise à jour le 27/03/2006. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 29 pages.

INERIS Benzène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011a. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>.

INERIS chloroforme [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2003. - consulté en avril 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/54>.

INERIS Chloroforme [En ligne] // Portail des Substances Chimiques. - 2005. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Chloroforme - Données technico-économiques [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - 2006. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INERIS Chloroforme - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - mise à jour du 27/09/2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. - 67 pages. - DRC-11-117259-10255A.

INERIS Concentrations prévues sans effet dans l'environnement aquatique (PNECaqua), eau douce [En ligne] // INERIS Portail Substances Chimiques. - 2011-a. - consulté en janvier 2011. -

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BLE.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INERIS Tétrachlorure de carbone - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. - 21 pages. - DRC-07-86334-13061A.

Jourdain M.-J. et Charissou A.-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence T1958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Lagarrigue C., RMC L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RF circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau) [Bulletin Officiel du 28 juillet 2005] // en application de la directive européenne 2000/60/DCE du 23 octobre 2000, ainsi qu'à la démarche à adopter pendant la phase transitoire (2005-2007). - 12 2005. - Circulaire DE / MAGE / BEMA 05 / n° 14. - p. 17 pages. - circulaire DCE 2005/12.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

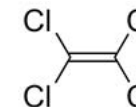
TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

TETRACHLOROETHYLENE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales¹³¹ :**

- tétrachloroéthène	- perchloroéthylène
- chlorure de carbone	- 1,1,2,2-tétrachloroéthylène
- ethene, tetrachloro-	- ethylene tetrachloride
- Ankilostin	- Antisol
- Antisal 1	- Caswell n°827
- Didakene	- Dilatin PT
- Dow-Per	- ENT 1,860
- Federal-Un	- Freon 1110
- Nema	- PCE
- PER	- PERC
- Perawin	- Perchlor
- Perclene	- Percosolve
- Perk	- Perklone
- Persec	- Tetfen
- Tetracap	- Tetraleno
- Tetralex	- Tetravec
- Tetroquer	- Tetropil

Formule développée**Familles :**

- hydrocarbure chloré
- composé organohalogéné
- solvant chloré
- COV

Formule semi-développée : C₂Cl₄**N° CAS : 127-18-4****Propriétés physico-chimiques :****Masse molaire :** 165,833 (TOXNET, 2012)**Solubilité dans l'eau :** 0,15 g/L à 25°C (RMC, 2010) 0,26 g/l à 25°C (TOXNET, 2012)**Pression de vapeur :** 1,9 kPa à 20°C (RMC, 2010) 18,5 mm Hg à 25°C (TOXNET, 2012)
1,867 kPa à 1,9 kPa à 20°C (INERIS, 2011)**Point éclair :** pas de point éclair dans les conditions standard en coupelle fermée (TOXNET, 2012)**Temps de ½ vie dans le sol :** Pas de biodégradation aérobie dans un sol à 20°C

Biodégradation très lente dans les sols (TOXNET, 2012)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 180 j par biodégradation aérobie (TOXNET, 2012)

98 j par biodégradation anaérobie (TOXNET, 2012)

Constante de Henry : 1 840 Pa*m³/mole à 20°C (Jourdain, et al., 2007)1 844 Pa*m³/mole à 25°C (1 823 à 1864) (INERIS, 2011)0,0177 atm*m³/mole (TOXNET, 2012)**Log Kow :** 2,6 (NIOSH, 2006) 2,67 (US-EPA, 1996) (INERIS, 2011) 3,40 (TOXNET, 2012)**Koc :** 364 (Jourdain, et al., 2007) 200 à 237 (TOXNET, 2012)

155 (US-EPA, 1996) 200 à 360 (INERIS, 2011)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- En présence d'eau, le tétrachloroéthylène devient corrosif pour l'aluminium, le fer et le zinc. (TOXNET, 2012)
- Le tétrachloroéthylène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type polyuréthane, néoprène, Buna-N[®], Nordel[®], Sani-Flex[™], mais aussi avec l'aluminium, le nylon, le polypropylène et le propylène.¹³²
- Le tétrachloroéthylène n'est pas décomposé par l'aluminium, même à 250°C. En revanche, en présence de trichlorure d'aluminium et d'huile de coupe, la décomposition est rapide dès 160°C. Les bains de dégraissage des métaux peuvent contenir ces deux impuretés. (Leleu, et al., 2004)
- Le mélange de tétrachloroéthylène et de baryum granulaire est explosif. (Leleu, et al., 2004)
- Mélange explosif avec des copeaux de lithium. (Leleu, et al., 2004) (PubChem, 2011)
- A 700°C, avec du charbon actif, décomposition en hexachloroéthane et hexachlorobenzène. (TOXNET, 2012) (PubChem, 2011)
- Chauffé, le mélange tétrachloroéthylène et potassium explose vers 98°C. (Leleu, et al., 2004)
- Réaction violente avec l'acide nitrique concentré avec le baryum, béryllium, lithium, tétra-oxyde d'azote, aluminium, soude caustique, hydroxyde de sodium, et potasse (TOXNET, 2012)
- En milieu humide, décomposition lente, avec production d'acide chlorhydrique et de phosgène (TOXNET, 2012) (PubChem, 2011) et de l'acide trichloracétique (NIOSH, 2006)
- Décomposition au contact de surfaces chaudes ou de flammes en formant des fumées toxiques et corrosives (du chlorure d'hydrogène, du phosgène, du chlore). (NIOSH, 2006)

¹³¹ Liste non exhaustive¹³² <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

- Trichloroéthylène (BRGM, 2006), puis cis-1,2-dichloroéthylène, chlorure de vinyle, éthène et éthane (BRGM, 2006), (PubChem, 2011) (TOXNET, 2012)
- Conditions réductrices anaérobies : 1,1,2-trichloroéthylène, *cis*- et *trans*-1,2-dichloroéthylène, chlorure de vinyle, éthylène puis acétylène (UM, 2012)
- Ethylène (BRGM, 2006)
- Chloroéthane en conditions réductrices (BRGM, 2006)

Impuretés :

Les principales impuretés du **tétrachloroéthylène** sont le **trichloroéthylène** et le **dichloroacétylène** (TOXNET, 2012)

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA¹³³ : 10 µg/L (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA**¹³⁴ : sans objet (Dir. 2008/105/CE)
LQ circ 05/01/09 = 0,5 µg/l **Note** : NQE / LQ compatibles
PNEC eau douce : 51 µg/l (INERIS, 2011)

Occurrence du tétrachloroéthylène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés¹³⁵ du sect. 3 est de **189,8 g/j** (86 sites - 458 mesures - 2 flux supérieurs au seuil surveillance - 1 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets :

Le tétrachloroéthylène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les sous-secteurs 3.1 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des sous-secteurs 3.1 et 3.4 au flux global du secteur 3.

Selon ces données, et bien que ne faisant pas partie des analyses systématiques de ce sous-secteur, **le tétrachloroéthylène est une substance d'intérêt pour le sous-secteur 3.1** (regroupement et traitement Déchets Dangereux), **ainsi que pour le sous-secteur 3.5** (autres sites de traitement des DD).

Traitabilité¹³⁶

- **Biodégradabilité aérobie** possible dans les sols en présence d'éthane (Jourdain, et al., 2007)
- **Biodégradabilité anaérobie** lente possible avec des souches acclimatées (TOXNET, 2012)
- **Traitement biologique** : rendements supérieurs à 70% par boues activées (Choubert, et al., 2011)
- **Coagulation** : le taux d'élimination dans les eaux usées est de 30 % (BREF)
- **Adsorption sur charbon actif** (RMC, 2010)
- **Traitement combiné stripping et charbon actif** (INERIS, 2007) : méthode facile à mettre en œuvre est très efficace.
- Traitements complémentaires :
 - Filtre à sable continu,
 - Traitement biologique
 - Traitement à l'ozone
 - Rhizofiltration en aval d'une station d'épuration

¹³³ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

¹³⁴ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

¹³⁵ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

¹³⁶ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC**¹³⁷ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE¹³⁸
 - Le tétrachloroéthylène est une des substances de l'annexe I, avec NQE mais accompagnée de la note suivante : "Cette substance n'est pas une substance prioritaire mais un des autres polluants pour lesquels le NQE sont identiques à celles définies dans la législation qui s'appliquait avant le 13 janvier 2009"
 - Le tétrachloroéthylène fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)¹³⁹
 - Le tétrachloroéthylène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances¹⁴⁰:
 - Le tétrachloroéthylène n'est pas une substance soumise à restriction (ne fait pas partie de l'annexe XVII)
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE** (ECHA)

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Cancérogénicité, cat.de danger 2
Aquatic Chronic 2	H411	Toxique pour les organismes aquatiques Entraîne des effets à long terme
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**¹⁴¹
 - Le tétrachloroéthylène n'est pas concerné
- **Stratégie de l'OSPAR visant les substances dangereuses (OSPAR, 1998)**
 - Le tétrachloroéthylène figure dans la liste 1998 des substances candidates

¹³⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

¹³⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

¹³⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

¹⁴⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

¹⁴¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**¹⁴²
 - Annexe 1 : le tétrachloroéthylène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5 proscrit la filtration des effluents aqueux pour l'analyse du tétrachloroéthylène
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,5 µg/l
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an¹⁴³
- **Instruction n°DGS/EA4/2012/366 du 18 octobre 2102 relative au repérage des canalisations en PVC susceptibles de contenir du chlorure de vinyle monomère résiduel risquant de migrer vers l'eau destinée à la consommation humaine [...] en application des articles R.1321-26 à R.1321-36 du code de la santé publique.**¹⁴⁴
 - Le tétrachloroéthylène présent dans les eaux souterraines suite à une pollution ou à la percolation des eaux à travers un centre d'enfouissement technique de déchets est signalé comme source potentielle de chlorure de vinyle monomère dans l'eau du robinet (le CVM est un produit de dégradation du tétrachloroéthylène).

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Production naturelle

Le tétrachloroéthylène n'est pas présent naturellement dans l'environnement. Les concentrations relevées sont d'origine anthropique. (INERIS, 2007).

Production anthropique involontaire

Une source de contamination des eaux de distribution par le tétrachloroéthylène est le relargage à partir des revêtements en vinyle des canalisations en amiante-ciment. (TOXNET, 2012) (PubChem, 2011)

La chloration des eaux de distribution peut être à l'origine de la formation de faibles quantités de tétrachloroéthylène. (TOXNET, 2012) (PubChem, 2011)

Le tétrachloroéthylène peut se former, en faibles concentrations, dans certains procédés industriels comme le blanchiment des pâtes et papiers. (INERIS, 2007)

L'utilisation du tétrachloroéthylène comme pesticide est à l'origine de relargage directs dans l'environnement. (PubChem, 2011)

¹⁴² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

¹⁴³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

¹⁴⁴ http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2012/11/cir_36013.pdf

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse / Production

Le tétrachloroéthylène est produit :

- par oxydation catalytique du 1,1,2,2-tétrachloroéthane (TOXNET, 2012) (PubChem, 2011)
- par chloration catalytique d'acétylène (TOXNET, 2012) via le trichloroéthylène, mais le coût élevé de l'acétylène et la durée des réactions font que cette méthode est de moins en moins utilisée (INERIS, 2011)
- par chloration directe d'éthylène (avec co-production de tétrachlorure de carbone (20%) et d'autres substances chlorées (10%) (TOXNET, 2012)
- par chloration d'éthylène et de dichloroéthane : ce procédé produit principalement du trichloroéthylène et du tétrachloroéthylène, des sous-produits lourds tels que l'hexachloroéthane, l'hexachlorobutadiène ou des benzènes chlorés peuvent également être formés (INERIS, 2011)
- par chloration et pyrolyse d'hydrocarbures tels que méthane, éthane ou propane (production de plus de 95% de tétrachloroéthylène) (TOXNET, 2012)
- par oxyhydrochloration, perchloration, et/ou déshydrochloration d'hydrocarbures ou d'hydrocarbures chlorés tels que le 1,2 dichloroéthane, le propylène, le dichlorure de propylène, le 1,1,2-trichloroéthane et l'acétylène. (TOXNET, 2012)

Le tétrachloroéthylène est purifié le plus souvent par distillation (TOXNET, 2012)

UTILISATION GENERALE

L'utilisation principale (50%) du tétrachloroéthylène est le nettoyage à sec et le dégraissage des tissus. Dans une moindre mesure (30%) le tétrachloroéthylène est utilisé comme matière première pour la fabrication du chlorofluorocarbure. Les autres utilisations sont le dégraissage des métaux (18%) et diverses autres applications (fluide caloporteur de transfert, solvant de désulfuration du charbon...). (TOXNET, 2012), ainsi que comme décapant pour peintures et encres d'imprimerie, formulation d'adhésifs et de produits de nettoyage spécifique et formulation d'agents de masquage chimiques. (INERIS, 2011)

Le tétrachloroéthylène est aussi utilisé en médecine humaine et vétérinaire en tant qu'antihelminthique (usage en déclin). (TOXNET, 2012) (PubChem, 2011)

En 2007, la consommation de tétrachloroéthylène montrait, en France comme en Europe, des tendances à la baisse. (INERIS, 2007)

UTILISATION DANS LES PROCÉDES DES INDUSTRIES DU SECTEUR DES DÉCHETS

L'utilisation spécifique du tétrachloroéthylène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées

Utilisation possible pour le dégraissage en machine des pièces métalliques et céramiques

PRESENCE DANS LES DECHETS PRIS EN CHARGE**3.1 Regroupement, prétraitement des déchets dangereux**

Le tétrachloroéthylène est présent dans les installations pour l'élimination ou la valorisation des déchets dangereux ou des déchets municipaux (RMC, 2010)

3.4 Lavage de citernes

Le tétrachloroéthylène n'est pas utilisé, mais peut être présent dans les eaux de lavage. (RMC, 2010)

UTILISATION DANS LES AUTRES SECTEUR INDUSTRIELS**Secteur de la chimie**

- Utilisé pour la fabrication de HFC (les produits de remplacement de solvants interdits par le Protocole de Montréal). Cet usage mineur est en déclin (RMC, 2010)
- Intermédiaire de synthèse des fluorocarbones 113, 114, 115 et 116 (TOXNET, 2012)
- Utilisé avec le n-butanol dans la production de photopolymères (usages mineurs, en déclin) (RMC, 2010)
- Présent dans les produits détachants et décapants pour peintures (usages mineurs, en déclin) (RMC, 2010)

Site de synthèse ou de transformation de produits pétroliers

- Préparation de composés chimiques: intermédiaire de synthèse dans la fabrication d'hydrocarbures fluorés (RMC, 2010)
- Utilisé comme régénérateur de catalyseurs dans des raffineries (usage mineur, en déclin) (RMC, 2010)

Industrie du charbon

- Le tétrachloroéthylène est utilisé pour déterminer la densité spécifique des différentes fractions d'échantillons provenant de la mine. (TOXNET, 2012)

Ennoblement textile

- Utilisé comme dégraissant (utilisation en baisse, grâce à de nouvelles techniques de lavage) (RMC, 2010)
- Décapage, finition et apprêt textile (TOXNET, 2012)
- Les rejets de C₂Cl₄ dans l'eau dans ce secteur ne sont pas importants face aux rejets dans les secteurs de la chimie et parachimie (RMC, 2010)
- Biocide pour la protection de textiles précieux contre les insectes (usage mineur et en déclin) (RMC, 2010)

Blanchisserie

- Secteur principal du C₂Cl₆ : solvant dans les installations commerciales de nettoyage à sec et dans les laveries libre-service (RMC, 2010)
- Dégraissant dans l'industrie textile (RMC, 2010) (TOXNET, 2012)

Production et/ou transformation des métaux non ferreux

- Dégraissage en machine des pièces métalliques et céramiques dans l'industrie automobiles et métallurgiques (RMC, 2010)

Industrie du traitement des cuirs et peaux

- Dégraissant notamment dans la fabrication de peaux de chamois (RMC, 2010)

Industrie du travail mécanique des métaux

- Dégraissage en machine des pièces métalliques et céramiques dans l'industrie automobiles et métallurgiques (l'utilisation de ce produit augmente dans ce secteur) (RMC, 2010) (TOXNET, 2012)

Industrie du traitement, revêtement de surface

- Décapant pour la peinture (RMC, 2010)
- dans les installations destinées au traitement de surface ou de produits ayant recours à l'utilisation de solvant organiques (RMC, 2010)
- Agent de nettoyage des flexibles pour peinture au pistolet (TOXNET, 2012)

Autres secteurs

- Utilisé comme diélectrique ou isolant électrique, parfois à la place des biphenyles polychlorés (PCB), dans les appareils électriques, comme les transformateurs et les condensateurs (RMC, 2010) (TOXNET, 2012)
- Dégraisseur de composants électriques (usage mineur, probablement en déclin) (RMC, 2010)
- Production accidentelle dans certains procédés industriels comme dans le blanchiment des pâtes et papiers (RMC, 2010)
- Décapant pour encre d'imprimerie (TOXNET, 2012)
- Agent de nettoyage pour films d'imprimerie avant impression (TOXNET, 2012)
- Composant des fluides correcteurs pour secrétariat (TOXNET, 2012)
- Parfois utilisé dans la protection des semences (TOXNET, 2012)
- Produit pharmaceutique : avant l'arrivée de la phénothiazine, le tétrachloroéthylène a été utilisé comme anthelminthique en médecine humaine et vétérinaire (nématodes, trématodes). Il peut l'être encore pour les petits animaux mais est de plus en plus remplacé par des produits moins toxiques et plus faciles à administrer. (TOXNET, 2012)

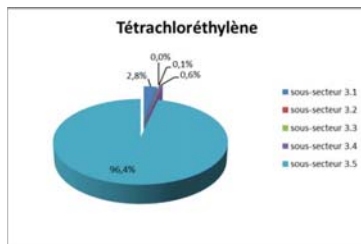
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**PRESENCE DANS LES EFFLUENTS DES INDUSTRIES DU SECTEUR DES DECHETS :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de tétrachloroéthylène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **189,8 g/j** (86 sites - 458 mesures - 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 35 sites (188 mesures - contributeur à **2,8%** au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 flux supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **5,4 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 8 sites (37 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 17 sites (104 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,16 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 12 sites (59 mesures - contributeur à **0,6%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,22 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 12 sites (70 mesures - contributeur à **96,4%** au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **183,1 g/j**

Répartition des flux en tétrachloroéthylène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le tétrachloroéthylène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les sous-secteurs 3.1 et 3.4. Les données ci-dessus ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous-secteurs 3.1 et 3.4 au flux global du secteur 3. Il est donc possible que l'importance, constatée ici, de la contribution du sous-secteur 3.5 au flux global du secteur 3, soit uniquement le reflet de situations particulières.

Présence dans les rejets des stations d'épuration urbaines

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de tétrachloroéthylène dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le tétrachloroéthylène est détecté dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Plus récemment, le projet AMPERES a montré que le tétrachloroéthylène était détecté dans près de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 1 et 10 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT**Compartiment atmosphérique**

La présence du tétrachloroéthylène dans l'air est suivie dans le cadre de plusieurs programmes nationaux et internationaux. Les données françaises sont disponibles sur Internet (www.atmonet.org) (INERIS, 2009-b) Une synthèse des données est présentée dans ce document.

Selon les modèles d'équilibres gaz/particules des composés semi-volatils, le tétrachloroéthylène est présent uniquement à l'état gazeux dans l'atmosphère. (TOXNET, 2012)

Dans l'atmosphère, le tétrachloroéthylène peut être dégradé par des réactions photochimiques qui produisent des radicaux hydroxylés (½ vie estimée à 96 jours) ; ou, dans une moindre mesure par des réactions lentes avec l'ozone, (TOXNET, 2012)

Dans l'atmosphère, le tétrachloroéthylène est soumis à une photo-oxydation, sa persistance peut varier entre une ½ vie de deux mois et une dégradation complète en une heure. (INERIS, 2011)

Dans l'atmosphère, les produits de dégradation du tétrachloroéthylène sont le trichloroéthylène, le dichloroéthylène (principalement le cis-1,2) et le chlorure de vinyle. (INERIS, 2011)

Concentration ubiquitaire dans l'air : <0,3 µg/m³ (INERIS, 2007)

Eau / sédiment

Le tétrachloroéthylène n'a pas d'affinité très forte pour les particules en suspension ; il n'aura pas tendance à s'adsorber sur les MES ni sur le sédiment. (TOXNET, 2012)

Le tétrachloroéthylène a une solubilité relativement faible dans l'eau. Il est plus fluide que l'eau, donc génère des migrations plus rapides que l'eau en sous-sol. Il est plus dense que l'eau et peut s'accumuler au fond de l'aquifère. (INERIS, 2011)

Le tétrachloroéthylène contenu dans les eaux de surface se volatilise rapidement dans l'atmosphère. La volatilisation est d'autant plus rapide que le taux de mélange des eaux est fort, ce qui entraîne de fortes variations dans les taux d'évaporation mesurés. Les demi-vies par évaporation ont été estimées à 5 - 12 jours en étangs, 3 heures à 7 jours en rivières et 3 - 14 jours en lacs (INERIS, 2011)

Dans les eaux naturelles, en présence d'acides humiques qui agissent comme photo-sensibilisants, le tétrachloroéthylène peut subir une photodégradation. (TOXNET, 2012)

En milieu aquatique, la dégradation chimique du tétrachloroéthylène est assez lente. La volatilisation est son principal processus de perte. (INERIS, 2011)

Concentration ubiquitaire dans les eaux de surface : <1µg/l (INERIS, 2007)

Sols

Le tétrachloroéthylène s'adsorbe faiblement dans les sols, il est donc assez mobile dans les sols, et il gagne facilement les eaux souterraines. (INERIS, 2011) Des quantités négligeables sont donc trouvées dans les sols. (INERIS, 2007)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles du tétrachloroéthylène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :****04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile**

04 01 Déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure

04 01 03* déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile**

04 02 Déchets de l'industrie textile

04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques

04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base

07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques

07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 07 Déchets de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs

07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

11 01 Déchets du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (ex, procédés de galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, phosphatation, dégraissage alcalin et anodisation)

11 01 13* déchets de dégraissage contenant des subst. dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques

14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC

14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés

14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection

15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines

19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 13* solvants

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (INERIS, 2011)**Prélèvements et conditionnement**

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, le flacon doit être rincé avec l'eau à analyser. Deux flacons doivent être réalisés pour un même échantillon. L'emploi de flacon scellé est fortement conseillé. Lors du transport, les brusques variations de température doivent être évitées. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- **par espace de tête** : L'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- **par purge et piégeage avec désorption thermique** : L'échantillon d'eau est transféré efficacement de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte. La vapeur est ensuite entraînée à travers un piège absorbant servant à collecter les composés organiques. Puis, le piège est chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.
- **par extraction liquide/liquide** : L'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- **par SPME (Micro-extraction sur phase solide)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode par espace de tête et la méthode par purge et piégeage avec désorption thermique. Le principe consiste à introduire, dans un premier temps, une fibre de silice (de diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon scellé. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents dans la phase gazeuse vers la phase solide de la fibre. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode espace de tête (GC/ECD, GC/MS). Les cinétiques d'absorption/désorption sont délicates à maîtriser, c'est pourquoi les paramètres doivent être optimisés à chaque changement de matrice. C'est une méthode récemment utilisée dans les laboratoires et intéressante car elle permet un balayage rapide des échantillons à analyser.

Dosage

Le dosage se fait par chromatographie en phase gazeuse avec détection par capture d'électrons (ECD), ou avec détection par photoionisation (PID) ou avec détection par spectrométrie de masse (SM). Pour le système chromatographique, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction du gaz injecté.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX**NF EN ISO 5667-3 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons (juin 2004)**

Domaine d'application : Cette méthode donne les principes généraux sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau ponctuels et composites, vers un laboratoire d'analyse.

Principe : Cette méthode indique le meilleur flaconnage et stabilisant préconisé pour chaque paramètre. Les machines et matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire de contaminant.

Interférences : Se méfier de tout contaminant pouvant gêner l'analyse du paramètre.

NF EN ISO 10301 (juillet 1997) – Qualité de l'eau – Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils – Méthodes par chromatographie en phase gazeuse.

Domaine d'application : La norme prescrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils (dont le chloroforme), par chromatographie en phase gazeuse :

- ✓ La première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide dans les eaux potables, les eaux souterraines, les eaux de piscine, la plupart des eaux de rivières et de lac, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels. La valeur limite de quantification pour le chloroforme est de 0,05 à 0,3 µg/l.
- ✓ La deuxième méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique. La valeur limite de quantification pour le chloroforme est de 0,3 µg/l.

Interférences :

- ✓ **Méthode par extraction liquide/liquide** : Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons et aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.
- ✓ **Méthode par espace de tête** : Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et de l'analyse. Il est recommandé d'effectuer des essais à blanc.
- ✓ Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure à 5 mg/l, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, préparer des solutions étalons et de blanc dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.
- ✓ Éviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire.

Limite de quantification usuelle :

Limites analytiques issues du domaine d'application de la norme) : 0,05 - 0,3 µg/l

LQ couramment constatées en GC/ECD : 1 µg/l

NF EN ISO 15680 : Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie en phase gazeuse d'un certain nombre d'hydrocarbures aromatiques monocycliques, du naphthalène et de divers composés chlorés par dégazage, piégeage et désorption thermique (janvier 2004)

Domaine d'application : Cette norme internationale décrit une méthode générale de dosage des composés organiques volatils (COV) dans l'eau potable, l'eau souterraine, l'eau de surface, l'eau de mer et les eaux résiduaires (diluées). En fonction du type de détecteur utilisé, le domaine d'application se situe entre 10 ng.L⁻¹ et 100 µg.L⁻¹

Principe : L'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse, après un dégazage dynamique et un piégeage. Un volume fixe d'échantillon est dégazé avec un volume fixe de gaz inerte pour extraire les composés volatils qui sont ensuite adsorbés. Le piégeage peut se faire, soit sur un piège garni de substances adsorbantes (couplé ou non avec un système de cryofocalisation), soit directement sur un piège capillaire froid. Une fois le dégazage terminé, le piège est chauffé pour désorber les composés volatils qui sont ensuite quantifiés par chromatographie en phase gazeuse.

La détection est réalisée de préférence par spectrométrie de masse en mode impact électronique (EI) mais d'autres détecteurs sont envisageables après vérification.

La quantification est effectuée à l'aide des fragments caractéristiques choisis pour chaque analyte.

Interférences : L'utilisation d'une détection par spectrométrie de masse rend peu probable l'interférence non maîtrisée de pics coélus.

Une contamination des échantillons peut être introduite à toutes les étapes du mode opératoire d'analyse :

- au cours du processus d'échantillonnage, les composés organiques volatils peuvent subir une évaporation ou un dégazage pendant le processus d'échantillonnage, le transport, le stockage ou la préparation des échantillons,
- au cours du processus de dégazage et de piégeage, principalement due à une pureté insuffisante du gaz pour dégazage, ou à une contamination de la verrerie. Tous les matériels doivent être en acier inoxydable ou en verre. Il est recommandé d'éviter les matériaux plastiques,
- au cours du processus de désorption thermique, durant lequel l'absence de points froids doit être surveillée. La réalisation de blancs permet de maîtriser la probabilité de telles interférences.

Limite de quantification usuelle :

Limites analytiques issues du domaine d'application de la norme) : 0,008 µg/l
LQ couramment constatées en GC/MS ou GC/ECD : 1 µg/l

Méthode USGS-NWQL O-4127-96 : Méthode d'analyse GC/MS

Analyte : tétrachloroéthylène

Matrice : eaux de surface ou eaux souterraines

Limites de détection : 0.027 µg/L

Méthode USGS-NWQL O-3115 : Méthode d'analyse GC/MS

Analyte : tétrachloroéthylène

Matrice : eaux et matières en suspension

Limites de détection : 3 µg/L

Méthode USGS-NWQL O-1433-01 : Méthode d'analyse GC/MS

Analyte : tétrachloroéthylène

Matrice : eaux usées filtrées et eaux naturelles

Limites de détection : 0,03 µg/L

Méthode EPA-OSW 8021B : Méthode d'analyse GC/ECD

Analyte : tétrachloroéthylène

Matrices : eaux souterraines, boues aqueuses, solutions caustiques, solvants usagés, déchets huileux, mousses, goudrons, déchets fibreux, émulsions de polymères, gâteaux de filtration, filtres à charbons usagés, catalyseurs usagés, sols et sédiments

Limites de détection : 0,04 µg/L

Méthode EPA-EAD 601 : Méthode d'analyse GC/ECD ou microcoulométrie

Analyte : tétrachloroéthylène

Matrices : eaux usées municipales, effluents industriels

Limites de détection : 0,03 µg/L

Méthode ASTM D5790 : Méthode d'analyse GC/MS

Analyte : tétrachloroéthylène

Matrices : eaux potables, eaux usées et eaux souterraines

Limites de détection : 0,25 µg/L

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**PRODUITS DE SUBSTITUTION**

Pour ses propriétés de solvants, le tétrachloroéthylène peut être remplacé par du **dichlorométhane**. (INP, 2010)

Secteur de la blanchisserie (RMC, 2010)

Remplacé par des hydrocarbures non aromatiques, par le **décaméthylcyclopentasiloxane**, des éthers de propylène glycol, et en particulier du **dipropylène-glycol-tertio-buthyléther**

Dégraissage des métaux (RMC, 2010)

Les solvants halogénés (**trichloroéthylène, dichlorométhane, 1-bromopropane**) sont utilisés pour le dégraissage des métaux. Dans les industries automobiles, des solvants inorganiques non chlorés sont commercialisés. Cependant ceux-ci ne sont pas aussi efficaces que le tétrachloroéthylène.

De plus, le dichlorométhane est aussi substance prioritaire de la Directive Cadre Eau, et le 1-bromopropane présente des risques plus importants pour la santé humaine, et est hautement inflammable. (INERIS, 2007)

Industrie de la chimie (RMC, 2010)

Remplacé par le **trichloroéthylène** : il existerait un procédé utilisant du trichloroéthylène pour la production du HFC-134

Ennoblement textile (RMC, 2010)

Remplacé par des éthers de propylène glycol, **dipropylène glycol-tertio-buthyléther**

Remplacé par **décaméthylcyclopentasiloxane**

Remplacé par des **hydrocarbures non aromatiques** (mais les hydrocarbures sont inflammables contrairement au C₂Cl₄)

Changements de process**Traitement de surface : techniques alternatives pour le dégraissage des métaux:**• **Procédés lessiviels :**

Des lessives peuvent être utilisées en substitution au C₂Cl₄. Il s'agit d'un mélange complexe contenant des phosphates, des silicates, des agents tensioactifs, des hydroxydes en solution dans l'eau. Les deux principaux procédés sont l'immersion ou le "traitement au trempé" et l'aspersion. Cette technique présente toutefois également certains risques pour la santé et met en jeu un grand volume d'eau à traiter par la suite. (RMC, 2010)

• **Dégraissage au laser :** (RMC, 2010)

La désoxydation et le décapage au laser seraient utilisés pour dégraisser les métaux. Ce procédé est basé sur l'interaction entre un laser de forte puissance instantanée et le polluant.

Ce traitement serait réservé aux petites surfaces et encore peu appliqué pour les métaux.

• **Nettoyage au CO₂ supercritique**

Les pièces sont nettoyées dans une chambre similaire à une machine fermées pour solvants. Le procédé est adapté au nettoyage des pièces vrac. (RMC, 2010)

• **Nettoyage par billes de glace ou neige carbonique**

Les pièces sont nettoyées une par une ou en ligne par projection de billes de glace ou de neige carbonique. Le CO₂ employé peut provenir d'un recyclage sur le site industriel. (RMC, 2010)

• **Traitement au plasma** (RMC, 2010)

On peut substituer le nettoyage à base d'un solvant par le nettoyage à base d'eau suivi par un traitement au plasma afin de réaliser l'épuration fine et l'activation de la surface. Dans ce procédé, la pièce à traiter est exposée à un plasma froid à l'oxygène à des basses pressions pendant un temps très court. Le plasma exerce un nettoyage en volatilisant des polluants organiques de surface par une "combustion froide" contrôlée. Par ce procédé, des épurations grossières comme des couches épaisses ou de grandes particules ne peuvent pas être enlevées d'une façon rentable. Avant qu'on ait recours à cette technique, il faut éliminer de grosses contaminations par d'autres moyens (mécaniquement, à air comprimé, par des épurateurs à base d'eau). Après l'épuration fine peut être effectuée par le plasma en volatilisant par exemple des fines couches d'huile. Ce procédé plasma est adapté au nettoyage de pièces en vrac.

• **Remplacement par des hydrocarbures et solvants oxygénés (alcools, cétones, éthers, terpènes)**

Ces solvants non halogénés sont généralement moins dangereux pour l'environnement, leur efficacité doit cependant être évaluée au cas par cas

Autres secteurs des industries de la chimie :

Les principaux solvants organiques alternatifs non-halogénés sont les **hydrocarbures** et les solvants oxygénés (**alcools, cétones, éther, terpènes**). (RMC, 2010)

Blanchisserie (RMC, 2010)

Technique alternative pour le nettoyage à sec : **nettoyage au CO₂ liquide**. C'est une technologie de nettoyage récente pour son application aux vêtements mais elle est utilisée depuis plusieurs années pour d'autres procédés. Les vêtements sont immergés dans le CO₂ liquide contenu dans un récipient sous pression, puis agités par des jets à grande vitesse ou par action mécanique.

Ennoblement textile (RMC, 2010)

Le **nettoyage au mouillé** est une méthode utilisée lors du nettoyage dans la fabrication et finition des textiles. C'est une nouvelle méthode d'immersion des textiles à nettoyer dans l'eau qui permet de contrôler la détérioration et le rétrécissement des tissus. Ce procédé fait intervenir des détergents et des additifs (env. 1% d'après des industriels interrogés). Les principaux produits chimiques utilisés dans la formulation des détergents sont: acide acétique, gomme de cellulose, acide citrique, cocamidopropyl bétaine, sorbitan étoxylé monodécanoate, acide laurique diéthanolamide, sel de sodium, methyl-2-sulfoaurate, carbonate de sodium, citrate de sodium, sulfate de sodium lauryle, isethionate de lauryl sodium.

TRAITEMENT PAR LES STATIONS D'EPURATIONS URBAINES**Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques** (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du tétrachloroéthylène est d'environ 10% en entrée comme en sortie de STEP.

Les STEP semblent donc peu efficaces vis-à-vis de cette substance.

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

On atteint un rendement d'élimination du tétrachloroéthylène par les boues activées avec aération prolongée supérieur à 70%. Rendement moyen : 93% sur 4 points de mesures

Traitement biologique / biodégradation

Les mécanismes de biodégradation du tétrachloroéthylène (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A (Jourdain, et al., 2007)

Il n'y a pas de biodégradation du tétrachloroéthylène en aérobie. Certaines études montrent une biodégradation en anaérobie mais celle-ci est très dépendante des conditions d'essai (INERIS, 2011)

Selon le projet AMPERES, un traitement combiné décantation primaire + traitement physico-chimique permet d'atteindre un rendement supérieur à 70%.

Traitement physico-chimique

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination dans les eaux usées, du tétrachloroéthylène sous influence de la coagulation est de 30 %. (CWW, 2003)

TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES SOLUTIONS CONCENTREES**Traitement par stripping** (RMC, 2010)

Le stripping est une méthode efficace pour le traitement du tétrachloroéthylène mais les conditions de mise en œuvre ne sont pas toujours facile et nécessitent une étude poussée.

Dans tous les cas, cette technique nécessite un traitement de l'air, sinon le Tétrachloroéthylène est rejeté à l'atmosphère.

TECHNIQUES DE FINISSAGE**Traitement par adsorption sur charbon actif** (RMC, 2010)

Méthode efficace pour le traitement des micropolluants organiques.

Traitement à l'ozone

Selon (Degrémont, 2005), le traitement à l'ozone est efficace vis-à-vis des molécules organiques comportant des doubles liaisons ou des cycles aromatiques qu'il transforme en molécules plus facilement biodégradables. Le traitement à l'ozone s'applique donc de façon efficace aux substances organiques suivantes :

REFERENCES

ADEME Programme R&D MACAOH (2001-2006) : atténuation naturelle des composés organo-chlorés aliphatiques dans les aquifères [En ligne] // ADEME / éd. IMFT ADEME / BURGEAP / IFP / IMFS-IFARE / . - ADEME Editions, 2009. - <http://www2.ademe.fr/servelet/getDoc?cid=96&m=3&id=51390&p1=02&p2=11&ref=17597>. - Collection connaître pour agir. - Ref. 6172, 230 pages.

AQUAREF AQUAREF [En ligne]. - 2012. - <http://www.aquaref.fr>. - Aucune information concernant l'analyse de cette substance à la date de consultation .

BAIG Sylvie et MOUCHET Pierre Oxydation et réduction appliquées au traitement de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2010. - Vol. TI 860-w2102.

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coillie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

BRGM Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures - Résultat de la phase 2 [Rapport] : Rapport final / BRGM. - 2006. - p. 10 pages. - BRGM-54183-FR, janvier 2006.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Tetrachloroethylene [Section] // Dry Cleaning, Some Chlorinated Solvents and Other Industrial Chemicals. - 1995. - Vol. monographie 63-7. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol63/mono63-7.pdf>.

INERIS Tétrachloroéthylène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - 78 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - mise à jour du 19/09/2011.

INERIS Tétrachloroéthylène - Données technico-économiques [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - 2007. - mise à jour le 03/04/2007. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 38 pages.

INP La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Palmade-le Dantec, N.; Picot, A. - Actes du colloque « Conservation - Restauration et Sécurité des personnes » - Draguignan, 3-5 février 2010,. - ISBN 978-2-9531978-1-5..

Jourdain M.-J. et Charissou A.-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

NIOSH Fiches de données de sécurité [En ligne] // The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / éd. Cards International Program Safety. - 2006. - consulté en juillet 2011. - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfrn/nfrnname.html> .

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem 1,1,2,2-tetra-ethene [En ligne] // PubChem Compounds. - NCBI, 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?q=all&sid=126538304#ec>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

Service d'assainissement de La ville de Lausanne Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne) [En ligne] // Office fédéral de l'environnement OFEV / éd. Lausanne Ville de. - Janvier 2011. - 2012. - http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZLpZig7t,lnp6i0NTU042i2Z6ln1ae2iZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGode tmqaN19Xl2ldvoaCVZ,s-.pdf. - UW-0917-F.

TOXNET Tetrachloroethylene [En ligne] // Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases. - TOXNET - Toxicology Data Network, 2012. - Mise à jour du 03/05/2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~LhE4pX:1>.

UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - Universtit of Minnesota, 2012. - <http://umbbd.ethz.ch/index.html>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.

TETRACHLORURE DE CARBONE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales¹⁴⁵ :**

- tétrachlorométhane	- carbon tetrachloride	
- perchlorométhane	- tétrachlorocarbone	
- carbon chloride	- carbon tet	
- methane tetrachloride	- methane tetrachloro	
- Ascordin	- Benzoiform	- Chlorasol
- Katarin	- Fréon 10	- Halon 104
- R 10	- TCM	- ENT 4,705
- Fasciolin	- Flukoids	- Necatorine
- Tetracol	- Tetrafinol	- Tetraform
- Univerm	- Vermoestricid	

Formule semi-développée : CCl₄**N° CAS : 56-23-5****Propriétés physico-chimiques :****Masse molaire :** 153,82 (INERIS, 2005)

Solubilité dans l'eau : 800 mg/l à 20°C (RMC, 2010) (INERIS, 2005) (HSDB, 2010)
 757 mg/l à 20°C (Jourdain, et al., 2007)
 1 000 mg/l à 20°C (NIOSH, 2011)
 1 590 mg/l à 20°C (IPCS, 2012)
 793 mg/l à 25°C (HSDB, 2010)
 1 160 mg/l à 25°C (INERIS, 2005) (HSDB, 2010)

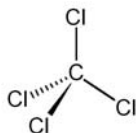
Pression de vapeur : 119,4 hPa à 20°C ; 411,9 hPa à 50°C (RMC, 2010)
 12,05 kPa à 20°C (11,94-12,172) (INERIS, 2005)
 12,2 kPa à 20°C (IPCS, 2012)
 15,19 kPa à 25°C (15,065-15,332) (INERIS, 2005)

Point éclair : non inflammable (HSDB, 2010)**Temps de ½ vie dans le sol :** absence d'information**Temps de ½ vie dans l'eau de surface :** absence d'information

Constante de Henry : 0,0214 Pa·m³/mol (Jourdain, et al., 2007) à 20°C (INERIS, 2005)
 0,0287 Pa·m³/mol à 25°C (INERIS, 2005)

Log Kow : 2,64 (IPCS, 2012) 2,67 (2,5-2,83) (INERIS, 2005) 2,83 (HSDB, 2010)

Koc : 71 l/kg (INERIS, 2005) 110 mg/g (Jourdain, et al., 2007)
 194 (US-EPA, 1996)

Formule développée**Familles :**

composé organohalogéné
 hydrocarbure chloré
 solvant chloré
 COHV
 chloroalcane
 chlorométhane

¹⁴⁵ Liste non exhaustive : 112 dénominations identifiées (PubChem, 2012)**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**

- Le tétrachlorure de carbone attaque certains plastiques, gommages et revêtements (HSDB, 2010)
- Le tétrachlorure de carbone réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type Wil-Flex™, Sani-Flex®, polyuréthane, néoprène, Buna-N®, Nordel®, mais aussi avec l'aluminium, le nylon, et la fonte.¹⁴⁶
- Les mélanges d'alliages sodium-potassium et de tétrachlorure de carbone sont jusqu'à 200 fois plus sensibles aux chocs que le fulminate de mercure. (Leleu, et al., 2004)
- Le tétrachlorure de carbone réagit lentement au contact de cuivre ou de plomb ; il est réduit en chloroforme en présence de zinc en conditions acides (HSDB, 2010)
- Peut former du phosgène lorsqu'il est utilisé pour éteindre les feux électriques, ou encore au contact d'arcs électriques, de flammes et de surfaces métalliques chaudes. (HSDB, 2010) (NIOSH, 2011)
- Le tétrachlorure de carbone réagit avec certains métaux tels que l'aluminium, le magnésium, et le zinc en provoquant des risques d'incendie et d'explosion. (NIOSH, 2011) il en est de même pour le lithium. (Leleu, et al., 2004)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

- Chloroforme (trichlorométhane), puis dichlorométhane (BRGM, 2006) (UM, 2012)
- Formate (acide méthanoïque) (UM, 2012)

Impuretés :

Les principales impuretés du tétrachloroéthylène sont d'autres solvants chlorés.

Toxicité et écotoxicité :**NQE-MA¹⁴⁷ :** 12 µg/L (Dir. 2008/105/CE)**NQE-CMA¹⁴⁸ :** sans objet (Dir. 2008/105/CE)**LQ circ 05/01/09 :** 0,5 µg/l**Note :** NQE / LQ compatibles**PNEC eau douce :** 2,5 µg/l (INERIS, 2005)**Occurrence du tétrachlorure de carbone dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés¹⁴⁹ du sect. 3 est de **0,03 g/j** (29 sites - 151 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le tétrachlorure de carbone n'est analysé de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, Son analyse est préconisée au cas par cas uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.4 (Lavage de citernes) et 3.5 (Autres sites de traitement de DND).

Les données ci-dessus, liées à des situations particulières, ne sont pas représentatives et ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

Selon ces données (absence de flux supérieur aux seuils), et compte-tenu de leur manque de représentativité, **le tétrachlorure de carbone ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.**

Traitabilité¹⁵⁰**Adsorption sur charbon actif****Perévaporation****Traitement par technique membranaire :** osmose inverse**Stripping à l'air avec aération par tour à garnissage (ATG)****Stripping à l'air sur membrane :** technique émergente - avec des membranes à fibres creuses microporeuses en polypropylène¹⁴⁶ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>¹⁴⁷ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle¹⁴⁸ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible¹⁴⁹ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné¹⁵⁰ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION**Réglementation européenne**

- Le tétrachlorure de carbone fait l'objet de limitations rigoureuses au titre du règlement (CE) n° 2037/2000 du Parlement européen et du Conseil du 29 juin 2000 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Le règlement (CE) n° 2037/2000 impose une interdiction assortie d'exceptions pour le tétrachlorure de carbone.
- DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC¹⁵¹ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE¹⁵²**
 - Le tétrachlorure de carbone est une des substances de l'annexe I, avec NQE mais accompagnée de la note suivante : "*Cette substance n'est pas une substance prioritaire mais un des autres polluants pour lesquels les NQE sont identiques à celles définies dans la législation qui s'appliquait avant le 13 janvier 2009*"
- Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)¹⁵³
 - Le tétrachlorure de carbone n'est pas concerné
- Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances¹⁵⁴.
 - Le tétrachlorure de carbone est une substance soumise à restriction (annexe XVII) : Il ne peut pas être utilisé en concentration supérieure ou égale à 0,1% dans les substances et préparations destinées à la vente au grand public et/ou aux applications conduisant à une diffusion, telles que le nettoyage des surfaces et le nettoyage des tissus. L'emballage de ces substances et des préparations qui en contiennent en concentration supérieure ou égale à 0,1% doit porter l'inscription lisible et indélébile suivante: "Réservé aux installations industrielles". Par dérogation, cette disposition n'est pas applicable aux médicaments ou produits vétérinaires ainsi qu'aux produits cosmétiques.

- Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Cancérogénicité, cat.de danger 2
Acute Tox. 3	H331	Toxique aiguë par inhalation
	H311	Toxicité aiguë par voie cutanée
	H301	Toxique en cas d'ingestion
STOT RE 1	H372	Toxicité spécifique pour certains organes cibles
		Exposition répétée, cat.de danger 1, Risque avéré d'effets graves
Aquatic Chronic 2	H412	Toxique pour les organismes aquatiques
Ozone	H059	Entraîne des effets à long terme Dangereux pour la couche d'ozone

¹⁵¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

¹⁵² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

¹⁵³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

¹⁵⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

- Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**¹⁵⁵
 - Le tétrachlorure de carbone n'est pas concerné
- Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an¹⁵⁶
- Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**¹⁵⁷
 - Annexe 1 : le tétrachlorure de carbone fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5 prescrit la filtration des effluents aqueux pour l'analyse du tétrachlorure de carbone
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,5 µg/l

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**Production naturelle**

On ne connaît aucune source naturelle de tétrachlorure de carbone, mais les niveaux ambiants ne peuvent pas être expliqués en totalité par l'activité humaine. (HSDB, 2010)

La présence de tétrachlorure de carbone dans l'environnement est essentiellement anthropique. (INERIS, 2005)

Production anthropique involontaire

Les rejets de tétrachlorure de carbone dans l'environnement se produisent lors de la production et des utilisations. Des quantités infimes peuvent également être formées dans l'atmosphère par décomposition photochimique de perchloroéthylène (tétrachloroéthylène) ou encore par dégradation thermique de perchloroéthylène au cours de l'incinération de déchets. (INERIS, 2005)

Le tétrachlorure de carbone est un sous-produit dans la fabrication de silicates par procédé de pyrogénéation (RMC, 2010)

Le tétrachlorure de carbone est un sous-produit dans la synthèse de tétrachloroéthylène par chloration du propylène (RMC, 2010)

Le tétrachlorure de carbone peut être présent en tant qu'impureté dans certains solvants (tri et tétrachloroéthylène à hauteur de 0,005% maximum (RMC, 2010)

Le tétrachlorure de carbone dans l'environnement peut aussi provenir de la **dégradation** dans le milieu naturel d'autres composés organohalogénés, comme par exemple le **tétrachloroéthylène**. (INERIS, 2007)

¹⁵⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

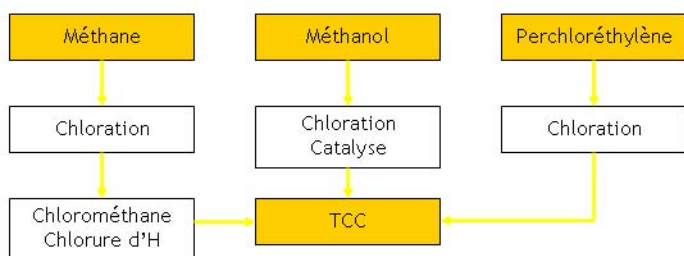
¹⁵⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

¹⁵⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

Couramment, le tétrachlorure de carbone est produit à l'échelle industrielle le plus souvent par l'une des méthodes suivantes :

- Chloration du méthane ou du chlorométhane par méthode photochimique, catalytique ou thermique, cette dernière étant la plus fréquemment utilisée (INERIS, 2005)
- Chloration du méthanol en présence d'acide chlorhydrique en excès (INERIS, 2007)
- Perchloration d'hydrocarbures de C1 à C3 ou de leurs dérivés chlorés. Dans ce procédé, du tétrachloroéthylène est également formé et le ratio entre les deux produits dépend de la pression et de la température. (INERIS, 2005)



Voies de synthèse du Tétrachlorure de Carbone (TCC) (d'après le site internet de la SFC) (INERIS, 2007)

D'autres voies de synthèse sont signalées : à partir de disulfure de carbone et de chlore en présence de catalyseur, par pyrolyse de l'hexachloroéthane, par chloration thermique du chlorure de méthyle (avec coproduction de chloroforme et de chlorure de méthylène), etc. (PubChem, 2012)

Utilisation générale

Le tétrachlorure de carbone est principalement utilisé (INERIS, 2007) :

- ✓ pour produire des chlorofluorocarbones (CFCs) employés comme réfrigérants,
- ✓ pour produire des fluides propulseurs (aérosols),
- ✓ pour produire des solvants
- ✓ pour produire d'autres hydrocarbures chlorés
- ✓ dans la synthèse du nylon
- ✓ comme solvant pour l'asphalte, les bitumes, le caoutchouc chloré, les gommes, l'éthylcellulose
- ✓ comme agent nettoyant pour les machines et les équipements électriques.

Dans le passé, outre les applications industrielles (agent dégraissant) ou agricoles (insecticide utilisé en fumigation pour les grains), il fut employé en médecine (vermifuge, anesthésique), et comme nettoyant domestique. (INERIS, 2005)

A cause de sa toxicité, seuls subsistent dorénavant les usages industriels eux-mêmes en déclin permanent depuis 1987 du fait du protocole de Montréal et de ses amendements réglementant l'utilisation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique du tétrachlorure de carbone en tant que solvant de nettoyage et de dégraissage dans les procédés des industries du secteur 3 des industries du déchet est possible mais n'est pas documentée dans les références consultées.

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Chimie organique : oléfines (craquage), aromatiques, composés oxygénés, azotés, halogénés, sulfureux, phosphorés, organométallique**

- Utilisé dans la fabrication de produits chimiques (RMC, 2010)
- Intermédiaire de synthèse dans la production de fluide réfrigérant (RMC, 2010)
- Intermédiaire de synthèse dans la production d'un agent d'expansion de mousse polyuréthane (RMC, 2010)
- Il est retrouvé dans les eaux sortant de différentes industries chimiques, qui utilisent le CCl₄ pour la production de solvants, raffinage du pétrole, produit chimique, chimie. (RMC, 2010)

Autres secteurs

- Utilisé dans la synthèse d'analgésiques (RMC, 2010)
- Utilisation marginale: pour la spectroscopie UV (INERIS, 2007) (RMC, 2010)
- Utilisé pour la synthèse de pesticides et d'arômes (RMC, 2010)

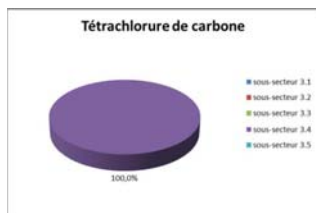
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de tétrachlorure de carbone du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0,03 g/j**, (29 sites -151 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 5 sites (27 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 6 sites (28 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 1 sites (9 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 10 sites (47 mesures - contributeur à **100%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,03 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 7 sites (40 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**.

Répartition des flux en tétrachlorure de carbone dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



- 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
 3.2 Installations de stockage DND
 3.3 UIOM
 3.4 Lavage de citernes
 3.5 Autres sites de traitement DND

Note : le tétrachlorure de carbone n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. Son analyse est préconisée au cas par cas uniquement dans les sous-secteurs 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont pas représentatives et ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

Cas des rejets des stations d'épurations urbaines :

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de tétrachlorure de carbone dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le tétrachlorure de carbone est détecté dans moins de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Récemment, le projet AMPERES a montré que le tétrachlorure de carbone était détecté dans plus de 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans l'environnement

Les principaux rejets de tétrachlorure de carbone sont liés à sa production et son utilisation comme intermédiaire de réaction ou solvant. Certains sites de rejets directs dans l'eau sont répertoriés dans le registre français des émissions polluantes (site internet iREP). (INERIS, 2007)

Du fait de sa tension de vapeur relativement élevée à température ambiante, le tétrachlorure de carbone présent dans l'environnement est principalement atmosphérique. La distribution dans les différents milieux serait la suivante : <1% dans l'eau, ≈ 2% dans les sols, le reste (≈ 97%) dans l'air. (INERIS, 2005)

Compartiment atmosphérique

Compte tenu de ses caractéristiques physico-chimiques, dans l'atmosphère, le tétrachlorure de carbone est présent uniquement sous forme vapeur. Le tétrachlorure de carbone est une substance volatile qui se retrouvera donc préférentiellement dans l'atmosphère. (INERIS, 2005) Il subit une oxydation au contact de l'air lorsqu'il y a présence de chaleur, d'humidité ou de radiations ultraviolettes, pour donner du dichlorure de carbonyle. (INERIS, 2007)
 Concentrations ubiquitaires dans l'atmosphère : 0,5 à 1 µg/m³ (INERIS, 2005)

Eau / sédiment

Le tétrachlorure de carbone est modérément soluble dans l'eau et ne s'adsorbe pas sur les matières en suspension. Il se volatilise rapidement à partir de l'eau de surface avec une demi-vie de 1 heure à 5 jours. (INERIS, 2005)

Concentrations ubiquitaires dans les eaux de rivières : <1 µg/l (INERIS, 2005)

Concentrations ubiquitaires dans les eaux de pluie/neige : <10 ng/l (INERIS, 2005)

Sols

Dans les sols, la mobilité du tétrachlorure de carbone est forte. Compte tenu de sa constante de Henry, la volatilisation du tétrachlorure de carbone à partir des sols humides est un processus significatif. (INERIS, 2005)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETSRésumé des origines possibles du tétrachlorure de carbone dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

- 04 01 Déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure
 - 04 01 03* déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide
- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 - 04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
 - 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 - 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 02 Déchets provenant de la FFDDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 - 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 07 Déchets de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs

07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

11 Déchets du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

11 01 Déchets du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (ex, procédés de galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, phosphatation, dégraissage alcalin et anodisation)

11 01 13* déchets de dégraissage contenant des subst. dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques

14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC

14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés

14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines

19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 13* solvants

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Eaux (INERIS, 2005)

Prélèvements et conditionnement

L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé. Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais, et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- **par espace de tête** : L'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- **par purge et piégeage avec désorption thermique** : L'échantillon d'eau est transféré efficacement de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte. La vapeur est ensuite entraînée à travers un piège absorbant servant à collecter les composés organiques. Puis, le piège est chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.
- **par extraction liquide/liquide** : L'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.

- **par SPME (Micro-extraction sur phase solide)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode par espace de tête et la méthode par purge et piégeage avec désorption thermique. Le principe consiste à introduire, dans un premier temps, une fibre de silice (de diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon scellé. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents dans la phase gazeuse vers la phase solide de la fibre. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode espace de tête (CG/ECD, CG/MS). Les cinétiques d'absorption/désorption sont délicates à maîtriser, c'est pourquoi les paramètres doivent être optimisés à chaque changement de matrice. C'est une méthode récemment utilisée dans les laboratoires et intéressante car elle permet un balayage rapide des échantillons à analyser.

Dosage

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système chromatographique en phase gazeuse et dans un deuxième temps détection et dosage par un détecteur spécifique (ECD/PID/FID ou SM). Différents types de colonnes peuvent être utilisés pour le système chromatographique en fonction du gaz injecté et du spectre des composés présents.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX

NF EN ISO 10301 (juillet 1997) – Qualité de l'eau – Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils – Méthodes par chromatographie en phase gazeuse.

Domaine d'application : La norme prescrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils (dont le tétrachlorure de carbone) par chromatographie en phase gazeuse :

- ✓ La première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide dans les eaux potables, les eaux souterraines, les eaux de piscine, la plupart des eaux de rivières et de lac, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels. La valeur limite de quantification pour le tétrachlorure de carbone est de 5 à 10 µg/L.
- ✓ La deuxième méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique. La limite de quantification pour le tétrachlorure de carbone est de 0,3 µg/L.

Principe :

- ✓ **Méthode par extraction liquide/liquide** : Les hydrocarbures halogénés très volatils sont extraits dans un solvant organique. L'extrait est ensuite analysé par chromatographie en phase gazeuse, avec détection ECD.
- ✓ **Méthode par espace de tête** : Un volume fixe d'échantillon est prélevé dans des flacons hermétiquement fermés, scellés ou scellés, tous identiques. Les flacons sont maintenus à température constante dans un système à température régulée dans des conditions propres à obtenir l'équilibre thermodynamique entre la phase liquide et la phase gazeuse. La teneur de la phase gazeuse en tétrachlorure de carbone, représentative de la teneur du prélèvement, est ensuite déterminée par chromatographie en phase gazeuse, avec détection ECD. Deux approches d'étalonnage sont détaillées, étalonnage interne ou étalonnage externe.

Interférences

- ✓ **Méthode par extraction liquide/liquide** : Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons et aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.
- ✓ **Méthode par espace de tête** : Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et d'analyse. Il est recommandé d'effectuer des essais à blanc.
- ✓ Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure, 5 mg/L, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, il convient de préparer des solutions étalons et des blancs dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.
- ✓ Eviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire.

EPA 5030A (1992) : Purge and Trap

Domaine d'application : La méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le tétrachlorure de carbone) dans une large variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. La méthode EPA 5030A peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition au-dessous de 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau. Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique, toutefois les limites de quantification (par GC ou GC/MS) sont approximativement 10 fois plus élevées.

La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-halogénés volatils (dont le tétrachlorure de carbone) par purge and trap. La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- **EPA 8021A (1994) «Dosage des composés volatils halogénés par chromatographie gaz avec colonne capillaire, utilisation des détecteurs PID et ECD en série»**, Cette méthode permet de doser les composés volatils halogénés à des concentrations de l'ordre de 0,1 µg/L à 200 µg/L. La limite de quantification pour le tétrachlorure de carbone est de 1 µg/L dans les échantillons d'eau de surface.
- **EPA 8260A (1994) «Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse avec colonne capillaire»**. La limite estimée de quantification par la méthode EPA 8260A pour le tétrachlorure de carbone est de 5 µg/L dans les échantillons d'eau de surface, de 0,5 mg/kg de produit sec pour les déchets et de 5 µg/kg de produit sec pour les sols et les sédiments.

Principe

Echantillon d'eau : un gaz inerte balaye le flacon contenant l'échantillon d'eau à température ambiante, on atteint ainsi l'équilibre thermodynamique entre la phase liquide et la phase gazeuse. Une cryofocalisation de la phase gazeuse en tête de colonne et une désorption thermique complètent le processus analytique.

Interférences

- ✓ Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbures et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection. Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans le détecteur de masse.
- ✓ L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des appareils comportant des parties en caoutchouc doivent être évités.

EPA 3810 (1986) - Espace de tête statique

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le tétrachlorure de carbone) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés organo-halogénés volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 125°C.

La méthode est une technique espace de tête statique pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser. La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase dissoute. La détection des organo-halogénés volatils (dont le chloroforme) peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

EPA 8010B (1994) «Dosage des composés organo-halogénés volatils», cette méthode revendique une limite de détection de 0,003 µg/L pour le tétrachlorure de carbone.

EPA 8240B (1994) «Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse». La limite de quantification du tétrachlorure de carbone selon est de 5 µg/L pour les eaux de surface.

Principe

L'échantillon est placé dans un flacon scellé jusqu'à l'obtention d'un équilibre thermodynamique à 90°C. Une seringue prélève alors une fraction de la phase gazeuse et l'injecte directement dans le chromatographe.

Interférences

- ✓ Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbones et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection.
- ✓ L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.
- ✓ Il convient d'éviter de passer des échantillons peu chargés en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, les méthodes préconisent de laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

Méthode EPA 601 : Purge-and-Trap GC/ECD

Cette méthode décrit l'analyse des hydrocarbures halogénés, dont le tétrachlorure de carbone, dans les eaux usées municipales et les effluents industriels. Dans les conditions de la norme, la limite de détection pour le tétrachlorure de carbone est de 0,12 µg/l.

Cette méthode est recommandée pour des eaux dont les concentrations vont de 0,12 µg/l à 120 µg/l. La précision de la méthode et sa sensibilité dépendent directement de la concentration de l'analyte et sont indépendantes de la matrice.

Méthode EPA 1624 : Dilution isotopique, Purge and Trap, GC/MS.

Cette méthode est applicable pour le dosage des composés organique volatils dans les effluents municipaux et industriels. L'ajout d'une quantité connue de composé marqué à chaque échantillon avant de purger, permet d'appliquer une correction au rendement obtenu pour chaque polluant. Si des composés marqués ne sont pas disponibles, il est possible d'utiliser un standard interne. Dans les conditions décrites par la norme, la limite de détection pour le tétrachlorure de carbone est de 10 µg/l.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution****Trichloroéthane**

- Le **trichloroéthane** se substitue au CCl₄ pour son usage dans les produits de nettoyage, les dégraissages et les adhésifs (INERIS, 2007)

Dichlorométhane

- Le **dichlorométhane** est utilisé comme substitut au tétrachlorure de carbone pour la préparation de médicaments dans l'industrie pharmaceutique et en laboratoire, comme substitut pour la fabrication de pesticides et d'arômes et dans l'industrie du plastique. (INERIS, 2007)

Chloroforme

- Le **chloroforme** est utilisé comme substitut pour la préparation de médicaments, de pesticides et d'arômes ; il fait partie des substances prioritaires de la directive n°2000/60/CE du Parlement Européen (INERIS, 2007)

Techniques d'élimination

L'incinération peut être utilisée pour éliminer le tétrachlorure de carbone produit lors de la synthèse des chlorométhanés. (INERIS, 2007)

Dans le domaine de la recherche, certains nanomatériaux (métalloporphyrinogènes) sont testés pour leur capacité à dégrader le tétrachlorure de carbone et d'autres composés. (INERIS, 2007)

Pour les rejets atmosphériques, les principaux moyens de réduction des rejets consistent à fiabiliser les installations de traitement (oxydation des dégazages) qui sont déjà en place. (INERIS, 2007)

Réduction dans les effluents

Les techniques citées sont issues du traitement de l'eau potable¹⁵⁸ (RMC, 2010)

- **Traitement par adsorption sur charbon actif**

L'adsorption sur CAG (charbon actif granulaire) est souvent employée pour réduire les concentrations de COV dans l'eau potable. On estime que cette méthode permet de réduire de 99% les concentrations en CCl₄ et d'obtenir ainsi des concentrations inférieures à 1 µg/L dans l'effluent lorsque les conditions opérationnelles sont raisonnables (RMC, 2010)

¹⁵⁸ <http://www.sc-hc.gc.ca>

- **Traitement par stripping**

Le stripping à l'air est une méthode couramment utilisée pour réduire la concentration des COV dans l'eau potable. Bien qu'il existe différents types d'équipement de stripping, l'aération par tour à garnissage (ATG) est reconnue comme la méthode la plus efficace pour réduire la concentration de tétrachlorure de carbone dans l'eau potable. On estime qu'il est possible d'atteindre une efficacité de réduction de 99% en utilisant l'ATG et de réduire le CCl_4 à une concentration inférieure à $1 \mu\text{g/l}$ dans l'effluent. (RMC, 2010)

- **Traitement par osmose inverse**

L'osmose inverse est une méthode prometteuse en raison de sa capacité d'éliminer les COV de l'eau potable. Des études en banc d'essai ont démontré que certaines membranes d'osmose inverse pouvaient réduire de 70 à 100% la concentration de tétrachlorure de carbone dans l'eau (RMC, 2010)

- **Traitement par des techniques émergentes**

Irradiation par faisceau d'électrons à haute énergie : Cette technique consiste à injecter des électrons à haute énergie dans une solution aqueuse de contaminants après la formation d'espèces hautement réactives comme des électrons aqueux, des radicaux hydroxyles et des radicaux hydrogène, qui minéralisent les molécules organiques. (RMC, 2010)

Pervaporation : Ce procédé est considéré comme une nouvelle technique de traitement de l'eau contaminée par les COV ; toutefois, on ne possède aucune information sur l'élimination du CCl_4 en particulier. (RMC, 2010)

Stripping à l'air sur membrane : Le stripping à l'air des COV au moyen de membranes à fibres creuses microporeuses en polypropylène est une technique qui permettrait un taux d'élimination du CCl_4 allant jusqu'à 85%. (RMC, 2010)

Utilisation de nanomatériaux : Dans le domaine de la recherche, certains nanomatériaux (métallo-porphyrinogènes) sont testés pour leur capacité à dégrader le CCl_4 et d'autres composés. (RMC, 2010)

- **Biodégradabilité** (INERIS, 2005)

Le tétrachlorure de carbone n'est pas facilement biodégradable puisque un taux de 0% de biodégradation a été observé après 2 semaines lors d'un test MITI (Ligne Directrice OCDE 301 C)

- **Biodégradabilité anaérobie** (INERIS, 2005)

En huit semaines, une dégradation du tétrachlorure de carbone (à une faible concentration initiale) est observée sous l'action de bactéries méthanotrophes. Le produit de la dégradation mis en évidence par marquage radioactif est du CO_2 .

- **Dégradabilité abiotique par hydrolyse** (INERIS, 2005)

Le tétrachlorure de carbone est inerte vis à vis des réactions non catalysées avec les radicaux $-\text{OH}$, RO^- , et O^- . Le potentiel de dégradation par hydrolyse est donc insignifiant.

REFERENCES

BRGM Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures - Résultat de la phase 2 [Rapport] : Rapport final / BRGM. - 2006. - p. 10 pages. - BRGM-54183-FR, janvier 2006.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Carbon tetrachloride [En ligne] // Toxnet. - 2010. - Mise à jour du 7 septembre 2010. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~nf6tJT:1>.

INERIS Tétrachlorure de carbone - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - mise à jour du 07/06/05. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 52 pages. - DRC-01-25590-01DR027.doc.

INERIS Tétrachlorure de carbone - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 21 pages. - DRC-07-86334-13061A.

IPCS INCHEM - Carbon tetrachloride [En ligne] // Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations & Canadian Center for Occupational Health and Environmental Safety (CCOHS). - IPCS - International Programme on Chemical Safety, 2012. - Mise à jour du 20/09/2012. - <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0024.htm>.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

NIOSH Fiches de données de sécurité [En ligne] // The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / éd. Cards International Program Safety. - 2011. - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfr/nfrname.html>.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem Tetrachloromethane [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2012. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=5943>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

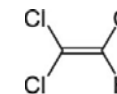
UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - University of Minnesota, 2012. - <http://umbdd.ethz.ch/index.html>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

TRICHLOROETHYLENE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations****commerciales**¹⁵⁹:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| - 1,1,2-trichloroéthylène | - trichloroéthène |
| - trichlorure d'éthylène | - trichlorure d'acétylène |
| - ethylene trichloride | - acetylene trichloride |
| - ethinyl trichloride | - triciene |
| - 1,1-dichloro-2-chloroéthylène | - chlorilen |
| - 1-chloro-2,2-dichloroéthylène | - benzinol |
| - TCE | - Tri |

Formule semi-développée : C₂HCl₃**N° CAS** : 79-01-6**Formule développée****Familles :**

- hydrocarbure chloré
- composé organohalogéné volatils
- solvant chloré
- COHV

Propriétés physico-chimiques :**Masse molaire** : 131,39 g/mol (NCBI)

Solubilité dans l'eau : 1 g/L à 20°C (RMC, 2010)	1,07 g/L à 20°C (INERIS, 2011)
1,28 mg/L à 25°C (HSDB, 2011)	1,29 mg/L à 25°C (PubChem, 2011)

Pression de vapeur : 7,8 kPa à 20°C (RMC, 2010) 7,96 kPa à 20°C (INERIS, 2011)**Point éclair** : ininflammable**Temps de ½ vie dans le sol** : de 57j à 3,3 ans (PubChem, 2011)**Temps de ½ vie dans l'eau de surface** : 35 jours à 5 ans. (HSDB, 2011)**Constante de Henry** : 1 044 Pa.m³/mol (INERIS, 2011)

Log Kow : 2,38 (INERIS, 2011)	2,61 (HSDB, 2011) (TOXNET, 2010)
2,49 (PubChem, 2011)	2,71 (US-EPA, 1996)

Koc : 111 L/kg (INERIS, 2011)
166 - log Koc = 2,22 (US-EPA, 1996)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Non corrosif (HSDB, 2011)
- Peu corrosif pour le zinc et le fer en milieu sec. La présence d'humidité (et d'éthanol) augmente la corrosivité. Corrode rapidement l'aluminium et les alliages d'aluminium (PubChem, 2011)
- Dans l'air, la photo-oxydation produit du phosgène et de chlorure de dichloracétyle chloride (½ vie de 5 j) (PubChem, 2011)
- Les mélanges de vapeurs d'hydrocarbures partiellement chlorés et de dioxyde d'azote constituent des mélanges détonants (Leleu, et al., 2004)
- En présence de baryum à l'état divisé, le trichloroéthylène peut réagir explosivement. (Leleu, et al., 2004).
- Le mélange de copeaux de lithium et de trichloroéthylène est explosif. (Leleu, et al., 2004)
- Le trichloroéthylène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type Wil-Flex™, polyuréthane, néoprène, Buna-N®, NordeI®, Sani-Flex™, mais aussi avec l'aluminium, la fonte, le polypropylène et le propylène.¹⁶⁰

¹⁵⁹ Liste non exhaustive¹⁶⁰ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

- Cis-1,2-dichloroéthylène, chlorure de vinyle, puis éthène et éthane (BRGM, 2006)
- Ethylène (BRGM, 2006)
- Chloroéthane en conditions réductrices (BRGM, 2006)
- Selon les souches de microorganismes en présence et les conditions d'oxygénation et de rédox : hydrate de chloral puis trichloroacétate ; trichloréthylène époxyde, dichloroacétate puis glyoxylate ; formate (UM, 2012)

Impuretés :

Les principales impuretés du **trichloroéthylène** sont principalement des antioxydants tels que les amines (0,001% à 0,01% ou plus) ou des combinaisons d'époxydes tels que l'épichlorhydrine et esters (0,2 à 2%) (HSDB, 2011)

Divers hydrocarbures ont été retrouvés comme impuretés dans du trichloréthylène commercial : tétrachlorure de carbone, chloroforme, 1,2-dichloroéthane, cis- et trans-1,2-dichloroéthylène, pentachloroéthane, 1,1,1,2-tétrachloroéthane, 1,1,2,2-tétrachloroéthane, 1,1,1-trichloroéthane, 1,1,2-trichloroéthane, 1,1-dichloroéthylène, tétrachloroéthylène, bromodichlorométhane, bromodichloroéthylène, et benzène (HSDB, 2011)

Toxicité écotoxicité - limites de qualité :

NQE-MA¹⁶¹ : 10 µg/L (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA**¹⁶² : sans objet (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 0,5 µg/l **Note** : NQE / LQ compatibles

PNEC chronique eau douce : 115 µg/l (INERIS, 2011)

Occurrence du trichloréthylène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés¹⁶³ du sect. 3 est de **1,6 g/j** (151 sites - 767 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le trichloroéthylène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.4. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les autres sous-secteurs. Les données ci-dessus ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous secteurs 3.2, 3.3 et 3.5 au flux global du secteur 3.

Compte-tenu de l'absence constatée de flux supérieurs aux seuils, le trichloroéthylène n'est pas une substance d'intérêt pour les rejets des industries du secteur des déchets.

Traitabilité¹⁶⁴

- Traitement combiné par stripping et charbon actif : Moyen efficace
- Coagulation : le taux d'élimination est de 36 %.
- Traitement biologique
- Traitement à l'ozone
- Oxydation thermique / incinération
- Traitement par Phytodégradation et Phytovolatilisation : Traitement de finition

¹⁶¹ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

¹⁶² NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

¹⁶³ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

¹⁶⁴ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC**¹⁶⁵ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE¹⁶⁶
 - Le trichloroéthylène est une des substances de l'annexe I, avec NQE mais accompagnée de la note suivante : "Cette substance n'est pas une substance prioritaire mais un des autres polluants pour lesquels le NQE sont identiques à celles définies dans la législation qui s'appliquait avant le 13 janvier 2009"
- **PBT** : Non listé (INERIS, 2011)
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)¹⁶⁷
 - Le trichloréthylène n'est pas concerné
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation** (ECHA) :
 - Le trichloréthylène fait partie de la liste de substances candidates pour être SVHC¹⁶⁸ (cancérogène et mutagène) 06/03/2010
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances¹⁶⁹.
 - Substance cancérogène de catégorie 2 (appendice 2 - point 28)
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE** (ECHA)

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 1B	H350	Cancérogène, cat.de danger 1A, 1B
Muta. 2	H341	Mutagène cellules germinales, cat. de danger 2
Eye Irrit. 2	H319	Corrosif/irritant pour les yeux, cat.de danger 2
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour les yeux, cat.de danger 2
STOT SE 3	H336	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition unique, cat.de danger 3, Effets narcotiques
Aquatic Chronic 3	H412	Nocif pour le milieu aquatique, effets à long terme
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**¹⁷⁰
 - annexe A : le trichloréthylène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets** (JO n°62 du 13 mars 2008)
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an¹⁷¹

¹⁶⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

¹⁶⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

¹⁶⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

¹⁶⁸ http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf

¹⁶⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

¹⁷⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**¹⁷²
 - Annexe 1 : le trichloroéthylène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux
 - L'annexe 5. proscrit la filtration des effluents aqueux dans le cadre de l'analyse du trichloroéthylène
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,5 µg/l
- **Instruction n°DGS/EA4/2012/366 du 18 octobre 2102 relative au repérage des canalisations en PVC susceptibles de contenir du chlorure de vinyle monomère résiduel risquant de migrer vers l'eau destinée à la consommation humaine [...] en application des articles R.1321-26 à R.1321-36 du code de la santé publique.**¹⁷³
 - Le trichloroéthylène présent dans les eaux souterraines suite à une pollution ou à la percolation des eaux à travers un centre d'enfouissement technique de déchets est signalé comme source potentielle de chlorure de vinyle monomère dans l'eau du robinet (le CVM est un produit de dégradation du trichloroéthylène).

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Production naturelle

Le trichloroéthylène n'est pas présent naturellement dans l'environnement. (TOXNET, 2010)

Production anthropique involontaire

Le trichloroéthylène est un intermédiaire de dégradation du tétrachloroéthylène (BRGM, 2006), (INERIS, 2011) (TOXNET, 2012)

¹⁷¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

¹⁷² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

¹⁷³ http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2012/11/cir_36013.pdf

PRODUCTION / UTILISATION

SYNTHESE / PRODUCTION

Le trichloroéthylène peut être issu de la dégradation physique ou biologique biochimique du tétrachloroéthylène. (INERIS, 2011)

Industriellement, le trichloroéthylène est obtenu par action du chlore sur du dichlorure d'éthylène. D'autres hydrocarbures chlorés en C₂ peuvent également être utilisés. La réaction du dichlorure d'éthylène (ou d'un autre hydrocarbure C₂, chloré) avec un mélange d'oxygène et de chlore ou d'oxygène et d'acide chlorhydrique permet également d'obtenir du trichloroéthylène. (INERIS, 2011)

Une autre méthode consiste à faire agir du chlore sur de l'éthylène en absence d'oxygène. Le traitement thermique du mélange de tétrachloroéthane et de pentachloroéthane issu de la réaction donne naissance à du trichloroéthylène, à du tétrachloroéthylène et à de l'acide chlorhydrique. (INERIS, 2011)

UTILISATION GENERALE

La principale utilisation du trichloroéthylène est le dégraissage des pièces métalliques qui représente en Europe de l'ouest 95 % de la production. (INERIS, 2011)

Excellent solvant pour l'extraction des graisses, huiles, matières grasses, cires, goudrons etc..., il est également utilisé dans l'industrie textile pour le nettoyage du coton, de la laine et dans la fabrication des adhésifs, des lubrifiants, des peintures, des vernis, des pesticides. (INERIS, 2011)

Le trichloroéthylène entre également dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de retardateurs chimiques d'inflammation et d'insecticides. (INERIS, 2011)

UTILISATION DANS LES PROCEDES DES INDUSTRIES DU SECTEUR DES DECHETS

Le trichloroéthylène étant un solvant pour les lubrifiants il sert pour le dégraissage des pièces, il peut être (ou avoir été) utilisé pour des opérations de maintenance.

3.1 Regroupement, prétraitement des déchets dangereux

- Molécule potentiellement présente dans les déchets (RMC, 2010)

3.4 Lavage de citernes

- Molécule potentiellement présente dans les citernes et utilisée pour le nettoyage (RMC, 2010)

UTILISATION DANS LES INDUSTRIES DU SECTEUR DE LA CHIMIE

- Utilisation dans la fabrication de réfrigérants substitués des CFC (HCFC et HFC) (RMC, 2010)
- Synthèse d'hydrocarbures réfrigérants substitués des CFC et utilisé en remplacement du 1,1,1-trichloroéthane (qui a subi des restrictions suite au Protocole de Montréal) cette substance était utilisée dans la fabrication de HCFC (60%) (RMC, 2010)
- Utilisé dans la préparation de chlorure de Vinyle, qui est à son tour utilisé dans des synthèses organiques (RMC, 2010)
- Utilisation dans la fabrication de chlorure de vinyle (RMC, 2010)

UTILISATION DANS LES AUTRES SECTEUR INDUSTRIELS**Site de synthèse ou de transformation de produits pétroliers**

- Utilisé dans la préparation de chlorure de vinyle, qui a de nombreuses applications dans la fabrication de produits pour le bâtiment (RMC, 2010)

Colles et adhésifs

- Utilisé en remplacement du 1,1,1-trichloroéthane qui a subi des restrictions suite au Protocole de Montréal. Cette substance était utilisée dans la formulation d'adhésifs (5%) (RMC, 2010)

Fabrication de peintures

- Solvant dans les peintures, décapants et vernis (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

- Utilisé dans la préparation de chlorure de vinyle; l'utilisation de ce dernier est fortement lié aux industries du caoutchouc (RMC, 2010)

Ennoblement textile

- Solvant pour le dégraissage (RMC, 2010)
- Utilisé en remplacement du 1,1,1-trichloroéthane qui a subi des restrictions suite au Protocole de Montréal. Cette substance était utilisée dans la composition de textile (2%) (RMC, 2010)

Blanchisserie (RMC, 2010)

- Nettoyage des matières textiles: détachant pour l'industrie du textile et du vêtement
- Solvant dans les teintures de tissus

Fonderie de métaux non ferreux

- Le trichloroéthylène étant un solvant pour les lubrifiants il sert pour le dégraissage des pièces (RMC, 2010)

Production et/ou transformation des métaux non ferreux

- Le trichloroéthylène étant un solvant pour les lubrifiants il sert pour le dégraissage des pièces (RMC, 2010)
- Utilisation de solvant pour le dégraissage et nettoyage à la vapeur des pièces métalliques (RMC, 2010)

Industrie de l'imprimerie

- Utilisé en remplacement du 1,1,1-trichloroéthane qui a subi des restrictions suite au Protocole de Montréal. Cette substance était utilisée dans la composition d'encre (3%) (RMC, 2010)

Industrie du traitement des cuirs et peaux

- Secteur mentionné dans le RSDE, mais n'explique pas la fonction de la molécule dans le secteur (RMC, 2010)

Industrie du travail mécanique des métaux

- Solvant pour le dégraissage et nettoyage à la vapeur des pièces métalliques dans l'industrie de l'automobile et des métaux (RMC, 2010)

Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires

- Formulation (solvant) pour les pesticides, insecticides (RMC, 2010)

Industrie de poudres et explosifs

- Utilisé dans la fabrication de retardateurs chimiques d'inflammation (RMC, 2010)

Autres secteurs majoritaires

- Utilisation dans la fabrication de produits pharmaceutiques (RMC, 2010)
- Utilisé dans la préparation de chlorure de vinyle (RMC, 2010) :
 - dont l'utilisation est fortement liée aux industries du papier et du verre
 - qui a de nombreuses applications dans l'isolation, câbles / tuyauterie, fabrication de produits pour le bâtiment
- Le chlorure de vinyle est aussi utilisé dans la fabrication de matières plastiques (PVC et copolymères) (RMC, 2010)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de trichloroéthylène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1,6 g/j**, (151 sites -767 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

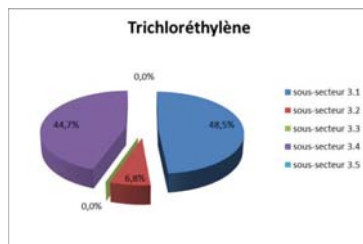
Sous-secteur 3.1 : 35 sites (186 mesures - contributeur à **48,5%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,79 g/j**

Sous-secteur 3.2 : 70 sites (334 mesures - contributeur à **6,8%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,11 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 17 sites (104 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 12 sites (59 mesures - contributeur à **44,7%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,73 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 15 sites (84 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Répartition des flux en trichloroéthylène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le trichloroéthylène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.4. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les autres sous-secteurs. Les données ci-dessus ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous-secteurs 3.2, 3.3 et 3.5 au flux global du secteur 3.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de trichloroéthylène dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le trichloroéthylène est détecté dans moins de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Plus récemment, le projet AMPERES a montré que le trichloroéthylène était détecté dans 30 à 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT**Compartment atmosphérique**

Le trichloroéthylène se volatilise rapidement à partir de l'eau ou du sol. (INERIS, 2011)

Dans l'air, le trichloroéthylène existe uniquement à l'état gazeux. Il est dégradé par réaction avec des radicaux hydroxylés eux-mêmes issus de réactions photochimiques ; le temps de ½ vie dans l'atmosphère lié à ces réactions est estimé à 7 jours. Des réactions de dégradation par des radicaux azotés avec un temps de ½ vie évalué à 114 jours (environ 4 mois) sont connues. La photolyse directe du trichloroéthylène n'est pas importante dans l'air. (TOXNET, 2010)

Les sous-produits de dégradation du trichloroéthylène par les radicaux hydroxylés sont : le phosgène, le chlorure de dichloracétyle, le chloroforme et le chlorure de formyl. (TOXNET, 2010)

Eau

Le trichloroéthylène est soluble dans l'eau.

Dans l'eau, le trichloroéthylène a tendance à s'adsorber sur les matières en suspension et sur les sédiments. (HSDB, 2011) (TOXNET, 2010)

En conditions aérobies, on peut considérer que le trichloroéthylène n'est pas biodégradable, même si une co-métabolisation (avec ajout de nutriments) a été rapportée (TOXNET, 2010).

Dans des conditions anaérobies, telles que celles qui peuvent être observées dans des sédiments ou dans certaines eaux souterraines, le trichloroéthylène peut être biodégradé lentement par déchloration réductrice. (TOXNET, 2010)

Dans l'eau, dans des conditions normales, le trichloroéthylène n'est pas hydrolysé ; on note cependant une photo-oxydation lente (½ vie de 10,7 mois) (TOXNET, 2010)

Dans l'eau, une photo-oxydation du trichloroéthylène peut exister, le temps de ½ vie lié à ce phénomène est estimé à 10,7 mois. (TOXNET, 2010)

Selon les études, sa demi-vie dans l'aquifère va de 35 jours à 5 ans. (HSDB, 2011)

Sols /sédiments

Le trichloroéthylène est mobile dans le sol. L'adsorption aux particules du sol est fonction de l'humidité du sol. Il s'accumule dans la partie souterraine du sol et peut passer dans l'eau souterraine. (INERIS, 2011)

Dans les sols, le trichloroéthylène est résistant à la dégradation aérobie. En conditions anaérobies (nappes contaminées, sols inondés), il peut être biodégradé lentement par une déchloration réductrice. (TOXNET, 2010)

La volatilisation à partir des sols (humides ou secs) est un phénomène important (TOXNET, 2010)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles du trichloroéthylène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :****04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile**

- 04 01 Déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure
 04 01 03* déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile**

- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 07 Déchets de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses
 08 01 13* boues de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

- 08 01 17* déchets du décapage de peintures-verniss contenant solvants organiques & autres subst. dangereuses
 08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis
- 08 04 Déchets provenant de la FFDU de colles et mastics (dont produits d'étanchéité)
 08 04 09* déchets de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses
 08 04 11* boues de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses
 08 04 13* boues aqueuses contenant colles ou mastics avec solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 08 04 15* déchets liquides aqueux contenant colles ou mastics avec solvants organiques ou subst. dangereuses

11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrometallurgie des métaux non ferreux

- 11 01 Déchets du traitement chimique de surface et revêtement des métaux et autres matériaux (ex, procédés de galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, phosphatation, dégraissage alcalin et anodisation)
 11 01 13* déchets de dégraissage contenant des subst. dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

- 14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques
 14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC
 14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés
 14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
- 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines

- 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
- 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
- 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
- 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés des commerces, des industries et des administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

- 20 01 13* solvants

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX (AQUAREF, 2012)**

Avertissement : Il faut proscrire la filtration pour éviter les pertes de substance.

Prélèvements**Matériel de prélèvement :**

- Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever.
- Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons.
- Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner).
- Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire.
- Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement.
- Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.

Conditionnement**Flacons destinés à l'analyse :**

- Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé.
- Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium. Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500°C)
- Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).

Prélèvement et transport :

- Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête.
- Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage. Remplir jusqu'au repère.
- Lors du prélèvement, éviter trop de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes de la substance à échantillonner, par dégazage.
- Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 litre d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.
- Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 h.

Prétraitement

- Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse:
 - o pour la verrerie jaugée : à l'aide d'un agent nettoyant puis au solvant.
 - o pour la verrerie non jaugée par calcination à 500°C pendant 8h.
- Avant analyse, si le flacon n'est pas le flacon d'analyse, transférer délicatement sans turbulence une partie de l'échantillon dans une fiole d'espace de tête et fermer le septum ou le couvercle à système serti, si l'analyse est réalisée en espace de tête. Ou extraire dans les 24h suivant le prélèvement si l'extraction est choisie.
- Remise à température ambiante en vue de l'analyse.
- Des blancs de verrerie doivent être réalisés.
- Les échantillons ne doivent pas être dilués, préférer étendre la fonction d'étalonnage pour éviter les pertes de substance.

Stockage / conservation

- Les échantillons peuvent être conservés à 4 ± 2°C, à l'obscurité, soit directement dans les fioles d'échantillonnage, soit directement dans les flacons. L'échantillon doit être extrait de préférence dans les 24h et au maximum dans les 5 jours suivant le prélèvement.

Dosage**Méthodes de dosage**

- **NF EN ISO 15680 (janvier 2004)** Dosage par chromatographie en phase gazeuse par dégazage, piégeage et désorption thermique, détection par spectrométrie de masse mais possibilité ECD, ELCD et FID (GCMS, mais possibilité GC/ELCD, GC-FID).
- **NF EN ISO 10301 (juillet 1997)** Dosage par chromatographie en phase gazeuse, méthode par espace de tête statique ou après extraction liquide/liquide

Limites de quantification

- ✓ Avec la méthode dégazage, piégeage et désorption thermique & chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS) : limite de quantification : 0,004 à 0,067 µg/l ; le niveau NQ/3 est atteignable.
- ✓ Avec la méthode espace de tête statique chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à capture d'électrons (GC-ECD) : limite de quantification : 0,2 à 0,5 µg/l ; le niveau NQ/3 est atteignable
- ✓ Avec la méthode espace de tête statique chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS) : limite de quantification : 1 µg/l ; le niveau NQ/3 est atteignable
- ✓ Avec la méthode extraction liquide/liquide & chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à capture d'électrons (GC-ECD) : limite de quantification : 0,05 à 0,1 µg/l ; le niveau NQ/3 est atteignable.

EAUX (INERIS, 2011)**Prélèvements et conditionnement**

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température.

L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4 °C) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par plusieurs méthodes :

- **par headspace** : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- **par purge and trap** : l'échantillon d'eau est transféré efficacement de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège absorbant servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.
- **par extraction liquide/liquide** : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- **par SPME (Solid Phase Micro Extraction)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode head space et la méthode purge and trap. Le principe consiste à introduire une fibre de silice (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon scellé. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents en phase gazeuse vers la phase solide de la fibre. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode head space (GC/ECD, GC/MS). Les cinétiques d'absorption/désorption étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque fois (changement de matrice de l'échantillon) de bien optimiser ces paramètres. C'est cependant une méthode qui commence à être couramment utilisée dans les laboratoires (méthode intéressante pour faire un balayage rapide des échantillons à analyser).

Dosage**Méthode de dosage**

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par **séparation des composés par un système chromatographique en phase gazeuse** et dans un deuxième temps **détection et dosage par un détecteur spécifique (ECD/PID ou SM, spécificité croissante)**. Pour le système chromatographique, différents types de colonnes peuvent être utilisées en fonction du gaz injecté.

NORMES**NF EN ISO 10301 (mars 2004) – Qualité de l'eau – Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils – Méthodes par chromatographie en phase gazeuse****Domaine d'application**

La norme décrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils (dont le trichloroéthylène) dans les eaux potables, souterraines, de piscine, de rivières et de lac, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels.

1^{ère} méthode (extraction liquide/liquide)

La première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide.

La valeur limite de quantification pour le trichloroéthylène est de **0,05 à 0,1 µg/L**.

Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons et aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.

2^{ème} méthode (espace de tête)

Elle permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique.

La valeur limite de quantification pour le trichloroéthylène est de **0,1 à 0,2 µg/L**.

Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et d'analyse. Il est recommandé d'effectuer des essais à blanc.

Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure à 5 mg/L, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, préparer des solutions étalons et de blanc dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.

Eviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire

Méthode EPA 5030A (1992): Purge and trap.**Domaine d'application**

La méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le trichloroéthylène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau de toutes origines, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. La méthode EPA 5030A peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition au-dessous de 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau. Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique, toutefois, les limites de quantification (par GC ou GC/MS) sont approximativement 10 fois plus élevées.

Principe

La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organiques halogénés volatils (dont le trichloroéthylène) par purge and trap. La détection peut être effectuée selon les méthodes EPA 8021A (1994) ou EPA 8260A (1994).

La méthode de dosage EPA 8021A permet de doser les composés volatils halogénés à des concentrations de l'ordre de 0,1 µg/L à 200 µg/L. La limite de quantification pour le trichloroéthylène est de 1 µg/L dans les échantillons d'eau de surface.

La limite estimée de quantification par la méthode EPA 8260A pour le trichloroéthylène est de 5 µg/L dans les échantillons d'eau de surface.

Interférences

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbures et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection. Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions.

L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des composants en caoutchouc doivent être évités.

Méthode EPA 3810 (1986) Espace de tête statique

Domaine d'application

Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le trichloroéthylène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau de toutes origines, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments.

Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon.

Elle n'est efficace que pour les composés organiques halogénés volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 125 °C.

Principe

La méthode est une technique espace de tête statique pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser. La détection des organiques halogénés volatils (dont le trichloroéthylène) peut être effectuée selon les diverses méthodes EPA suivantes EPA 8010B (1994) et EPA 8240B (1994).

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase dissoute.

Interférences

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbures et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection.

L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.

Éviter de passer des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier à ce problème, laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105 °C.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

PRODUITS DE SUBSTITUTION

Pour ses propriétés de solvants, le trichloroéthylène peut être remplacé par du dichlorométhane (INP, 2010)

Lavage de citernes (Note fiabilité : 3) (RMC, 2010)

Le trichloroéthylène peut être remplacé par des solvants type A3 (produits pétroliers non chlorés) pour les activités liées au dégraissage

Il peut être remplacé par des produits de dégraissage biologique (enzymes, cultures microbiennes) pour les activités liées au dégraissage

Secteurs utilisant le trichloroéthylène comme dégraissant

Le dégraissage en phase vapeur permet d'optimiser le nettoyage et le rendement économique. Il existe plusieurs produits utilisés pour le dégraissage en phase vapeur comme le "Perklone" et le "Vertrel" (RMC, 2010).

- **Perklone MD**

D'après sa fiche technique¹⁷⁴ le Perklone utilisé comme produit de substitution au trichloroéthylène est un solvant, dérivé du perchloroéthylène, utilisé pour le dégraissage dans l'industrie mécanique. Selon cette même source, c'est le premier solvant de substitution du trichloroéthylène dans le procédé de dégraissage à la vapeur. Il est utilisé pour une très grande gamme d'huiles et de graisses. En effet, le point d'ébullition relativement haut (87°C) permet de solubiliser facilement les graisses et les huiles. Ce liquide est ininflammable et présente donc un avantage en termes de sécurité.

- **Vertrel MCA®**

D'après sa fiche technique¹⁷⁵, ce liquide est un solvant halogéné à base de dichloroéthylène et de décafluoropentane. Il permet de dégraisser les pièces mécaniques et est compatible avec les plastiques et les élastomères. Il élimine les huiles minérales, l'huile "de vide", les cires, les graisses lourdes, les huiles de coupe, les huiles d'estampage et d'engrenages.

Industrie du traitement, revêtement de surface

Remplacé par des produits de dégraissage biologiques: Pour les activités liées au dégraissage des pièces métalliques Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Blanchisserie

Remplacé par Produits de dégraissage biologique (enzymes, cultures microbiennes). Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Ennoblement textile

Remplacé par des produits de dégraissage biologique recommandés notamment pour le détachage des tissus à froid. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

¹⁷⁴ <http://www.mc2chimie-dercam.fr/fiches-techniques/perklone.htm>

¹⁷⁵ http://msds.dupont.com/msds/pdfs/EN/PEN_09004a35804fa7d1.pdf

CHANGEMENT DE PROCESS**Secteurs utilisant le trichloroéthylène pour du nettoyage**

- **Nettoyage au laser (RMC, 2010) :**

D'après une entreprise spécialisée dans le nettoyage technique, la désoxydation et le décapage au laser sont utilisés pour enlever les polluants comme la graisse ou l'huile. Il est basé sur l'interaction entre un laser de forte puissance et le polluant.

Avantages de la technique :

- facile d'utilisation
- peu d'effluents à traiter, seule une poudre est récupérée puis traitée par des filtres
- sans altération du métal de base, aucune action abrasive
- ne fait intervenir aucun produit chimique
- opérations économiques
- le laser atteint toute la surface du substrat: accessible aux géométries les plus compliquées
- permet d'éliminer une épaisseur de couche précise
- minimise l'impact sur l'environnement

- **Traitement au plasma (RMC, 2010) :**

Dans ce procédé, la pièce à traiter est exposée à un plasma froid à l'oxygène. Cette exposition s'effectue à des pressions basses sur une petite durée. Un plasma est un gaz chargé électriquement, composé d'atomes ionisés, d'électrons, de radicaux libres, les salissures organiques des pièces sont transformées en vapeur et en gaz carbonique. (IFAM)¹⁷⁶

D'après le site Internet de Cleantool (base de données recensant les bonnes pratiques dans le domaine du nettoyage), le plasma exerce un nettoyage en volatilisant des polluants organiques de surface par une "combustion froide" contrôlée. A condition, cependant, que les couches de salissures soient très minces. (Cleantool)¹⁷⁷

Ce procédé est utilisé dans le cycle final d'épuration fine ou très fine dans le nettoyage comprenant plusieurs étapes. On peut ainsi substituer le nettoyage à la base d'un solvant par le nettoyage à base d'eau en faisant suivre celui-ci par un traitement au plasma afin de réaliser l'épuration fine et l'activation de la surface.

Avantages de la technique :

- nettoyage très efficace
- il réduit la consommation de matières
- il permet un ménagement délicat de la pièce à traiter
- il est capable d'enlever même des substances chimiquement stables
- le plasma atteint toute la surface du substrat: les géométries les plus compliquées peuvent être traitées. Il est même possible d'infiltrer des substrats poreux
- aucune sollicitation thermique ou mécanique n'est exercée sur le substrat
- les impacts sur l'utilisateur et l'environnement sont minimisés

- **Nettoyage par ultrasons (Cleantool) (RMC, 2010)**

D'après le site Internet de Cleantool, cette technique s'utilise pour dégraisser les métaux. Elle est utilisée par les entreprises spécialisées dans le traitement de surface. Ce nettoyage vise à utiliser des ondes ultrasonores à très haute fréquence et les faire traverser des solvants aqueux alcalins, acides ou même organiques. Le passage de ces ondes ultrasonores à travers le milieu liquide crée des bulles de cavitation microscopiques.

¹⁷⁶ <http://www.eurobonding.org/Franz/Oberflaechen/nettoyage.htm>

¹⁷⁷ <http://cleantool.org/?lang=fr>

Avantages de la technique :

- nettoyage des pièces sans brossage
- efficace pour des pièces à forme compliquées
- la formation de bulles de cavitation rend le lavage efficace

Inconvénients de la technique :

- investissement lourd

- **Nettoyage par pulvérisation (RMC, 2010)**

Ce nettoyage permet d'enlever des salissures tenaces. Il consiste à projeter la solution nettoyante à l'aide de buses sur la surface des pièces à nettoyer. Ce procédé utilise en majorité des solutions aqueuses, et plus rarement des solvants organiques. La pression à laquelle la solution est appliquée sur la pièce peut varier, pour éliminer les salissures d'une surface métallique.

Une technique précise et efficace d'usage courant "le nettoyage en tambour" permet d'ôter des salissures tenaces. Les pièces à nettoyer se trouvent dans un tambour cribleur pivotant dans une cuve de pulvérisation. Les mouvements du tambour permettent ainsi à la solution aqueuse d'atteindre toutes les surfaces des pièces à nettoyer. Les produits utilisés sont des nettoyants neutres ou alcalins et les hydrocarbures.

- **Le sablage à l'air comprimé (Cleantool) (RMC, 2010)**

D'après le site Internet de Cleantool, c'est un procédé qui consiste à nettoyer des surfaces au moyen de projectiles les plus divers propulsés à grande vitesse sur la pièce à nettoyer. Les poussières provenant du nettoyage, doivent être filtrées car elles peuvent contenir des composants nuisibles à la santé. Ensuite, la poussière et les salissures meubles ainsi que le projectile, peu adhérents, peuvent être enlevés de la surface en les nettoyant à la brosse ou par aspiration.

- **Le décapage à la glace carbonique (Cleantool) (RMC, 2010)**

D'après le site Internet de Cleantool, ce nettoyage permet d'éliminer les graisses et les huiles. Ce procédé consiste à projeter de la glace sèche par air comprimé ou d'autres gaz sur la surface à nettoyer. Les pellets de glaces peuvent être produits dans diverses grandeurs et formes et projetés à des vitesses différentes.

Recommandation pour l'utilisation de ce procédé :

- un essai au préalable est recommandé afin de ne pas abîmer la surface à nettoyer
- les travailleurs exposés doivent porter impérativement une protection individuelle adaptée.

- **Nettoyage en bain de sel (Cleantool) (RMC, 2010)**

D'après le site Internet de Cleantool, l'élimination des graisses et huiles peut être effectuée dans un bain de sel, monté de 200° à 650°C par une réaction thermo-chimique entre le sel liquide et les salissures. Divers procédés sont mis en œuvre pour différentes applications. Le décapage est rapide et méticuleux. Ce type de dégraissage est toujours suivi d'un cycle de rinçage afin de refroidir les pièces et d'éliminer les résidus de sels.

TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES SOLUTIONS CONCENTREES**Traitement par récupération des concentrées et incinération**

Ce mode de traitement est adapté quand la récupération de solvant usagé est possible. En effet pour des questions économiques il est impératif de limiter les volumes à évacuer. Par contre ce mode d'élimination pose quelques problèmes notamment lorsque la teneur en chlore dépasse 2%. Dans ces cas, le traitement doit avoir lieu dans des installations équipées de dispositifs de neutralisation des gaz acides. Ce traitement s'applique aux déchets solides et aux déchets aqueux. (RMC, 2010)

Traitement par stripping

Compte tenu des caractéristiques physiques du trichloroéthylène, ce traitement peut être très efficace mais sa mise en œuvre nécessite une étude poussée. (RMC, 2010)

TECHNIQUES DE FINISSAGE DES EAUX USEES**Traitement par adsorption sur charbon actif**

Comme tout micropolluant organique, le trichloréthylène montre une bonne affinité avec le charbon actif. (RMC, 2010)

Traitement par dégradation abiotique

Dégradation abiotique : le trichloroéthylène est hydrolysable - temps de demi-vie : supérieur à 10,7 mois (INERIS, 2011)

Traitement par biodégradation aérobie

Les essais normalisés de biodégradabilité en aérobie ont donné des résultats négatifs (INERIS, 2011) :

- 19 % après 28 jours (méthode OCDE 301D)
- 2,4 % après 14 jours (méthode OCDE 301C)

D'autres essais non normalisés confirment que la substance est peu biodégradable en aérobie. (INERIS, 2011)

Très faible biodégradabilité ; en milieu aérobie, le trichloroéthylène est biodégradé uniquement en présence d'autres composés permettant la vie microbienne (co-métabolisme) (PubChem, 2011)

Une étude en microcosmes montre que le trichloroéthylène n'est pas biodégradé en 90 jours. (PubChem, 2011)

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

On atteint un rendement d'élimination du trichloroéthylène par les boues activées avec aération prolongée supérieur à 70%. Rendement moyen de 86% pour 3 points de mesures.

Traitement par biodégradation anaérobie

Le trichloroéthylène est biodégradable en milieu anaérobie. Le produit de dégradation est le cis-1,2-dichloroéthylène (métabolite principal). L'éthène est le principal métabolite dans des conditions méthanogènes. Selon les études (et les conditions), les temps de demie-vie vont de 57 jours à 3,3 ans (PubChem, 2011)

On notera que le monochlorure de vinyle est un intermédiaire stable de biodégradation anaérobie du trichloroéthylène. Ce métabolite est cancérigène (carc. 1) et soluble dans l'eau (1,1 g/l à 25°C).

Traitement par incinération

D'après le site internet «le guide des déchets dangereux 1», l'incinération s'applique également aux déchets liquides. Selon un centre d'incinération spécifique aux déchets dangereux, l'incinération de la substance peut coûter de 380 à 950 € la tonne, suivant la concentration en chlore. Les prix prennent en compte la teneur en éléments indésirables des déchets et leur pouvoir calorifique.

Traitement par phytoremédiation

D'après (Pivetz, 2010), une phytodégradation du trichloréthylène contenue dans des eaux souterraines est possible.

REFERENCES

ADEME Programme R&D MACAOH (2001-2006) : atténuation naturelle des composés organo-chlorés aliphatiques dans les aquifères [En ligne] // ADEME / éd. IMFT ADEME / BURGEAP / IFP / IMFS-IFARE / - ADEME Editions, mai 2009. - <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=51390&p1=02&p2=11&ref=17597>. - Collection connaître pour agir. - Ref. 6172, 230 pages.

AQUAREF AQUAREF [En ligne]. - 2012. - <http://www.aquaref.fr>. - Aucune information concernant l'analyse de cette substance à la date de consultation .

Boutin C, Iwema A et Lagarrigue C Point sur les zones de dissipation végétalisées : vers une protection supplémentaire du milieu récepteur de surface [En ligne] // EPNAC. - Juin 2010. - 2011. - <http://epnac.cemagref.fr/documentation/documents-pdf/documentation.2011-05-12.7206108678/body>.

Boutin Catherine Les Zones de Rejet [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - novembre 2011. - 2011. - http://colloquefeysine.cemagref.fr/presentations/Presentation_13_Colloquefeysine_Boutin.pdf/at_download/file.

BRGM Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures - Résultat de la phase 2 [Rapport] : Rapport final / BRGM. - 2006. - p. 10 pages. - BRGM-54183-FR, janvier 2006.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Garnaud S Bilan des activités du groupe de Travail EPNAC [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - Novembre 2011. - 2011. - http://colloquefeysine.cemagref.fr/actes/Article_8_Colloquefeysine_Garnaud.pdf/at_download/file.

HSDB Hazardous substance data bank - Trichloroethylene [En ligne] // Toxnet. - 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~K3klgP:1>.

INERIS Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France [Rapport] : Rapport d'étude / Direction des Risques Chroniques. - 2009-b. - p. 113 pages. - N°DRC 08-94882-15772A.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INERIS Tétrachloroéthylène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - INERIS, 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1754>.

INERIS Trichloroéthylène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/glossaire/view/letter/T>.

INERIS Trichloroéthylène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - INERIS, 2011. - version n°3.2 de mars 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 62 pages. - INERIS-DRC-01-25590-00DR039.doc.

INERIS Trichloroéthylène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - 2007-b. - mise à jour le 30/08/2007. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 33 pages.

INP La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Actes du colloque « Conservation-Restauration et Sécurité des personnes », Draguignan, 3-5 février 2010. - ISBN 978-2-9531978-1-5..

Koller Emilian Traitement des pollutions industriels [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

MEEDDM Bilan de la qualité de l'air en France en 2009 et principales tendances au cours de la période 2000-2009 [Rapport] / Direction Générale de l'Energie et du Climat ; Ministère de l'Environnement. - 2011. - p. 47 pages. - En ligne : http://buldair.org/sites/default/files/Bilan_QA_2009.pdf.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Pivetz Bruce E Ground water issue - Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites [Rapport]. - [s.l.] : EPA, 2010.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem Trichloroéthylène [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2011. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=6575&loc=ec_rcs#x27.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

STERCKEMAN Thibault, OUVARD Stéphanie et LEGLIZE Pierre Phytoremédiation des sols [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2011.

TOXNET Tetrachloroethylene [En ligne] // Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases. - TOXNET - Toxicology Data Network, 2012. - Mise à jour du 03/05/2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~LhE4pX:1>.

TOXNET Trichloroethylene [En ligne] // Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases. - TOXNET - Toxicology Data Network, 2010. - Mise à jour du 02/06/2010. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~aZdaAa:1>.

UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - Universitit of Minnesota, 2012. - <http://umbdd.ethz.ch/index.html>.

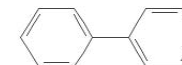
US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

BIPHENYLE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**¹⁷⁸ :

- 1,1'-biphényl	- 1,1'-diphényl	- diphényl
- phénylbenzène	- Lémonène	
- Bibenzene	- Carolid AL	- Caswell n°087
- NSC 149 16	- Phenador-x	- Tetrosin LY
- CP 390	- CCRIS 935	- PHPH
		- Xénène
		- MCS 530

Formule développée**Familles :**

Hydrocarbure polycyclique
Hydrocarbure aromatique
Dérivé du benzène
Pesticide
Fongicide

Formule semi-développée : C₁₂ H₁₀**N° CAS :** 92-52-4**Propriétés physico-chimiques :**

Masse molaire : 154,21 g/mol (HSDB, 2011)
Solubilité dans l'eau : 6,94 mg/l à 25°C (NLM) 7,48 mg/l à 25°C (HSDB, 2011)
Pression de vapeur : 1,19 Pa à 25°C (HSDB, 2011) (NCBI) (NLM)
Point éclair : 113°C en coupelle fermée (HSDB, 2011)
Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 2 à 3 jours (NCBI)
Constante de Henry : à 25°C : 30,20 Pa/m³/mole (HSDB, 2011) 31,21 Pa/m³/mole (NCBI)
Log Kow : 4,01 (HSDB, 2011)
Koc : 870 à 3 300 (NCBI)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Très stable en milieu acide et en milieu alcalin (HSDB, 2011)
- Le biphenyle est stable thermiquement (HSDB, 2011)
- Réactions explosives en présence d'oxydants, pouvant provoquer des flammes (HSDB, 2011)
- Les poussières de biphenyle sous forme de poudre peuvent être explosives en présence d'air (HSDB, 2011)
- Fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)
- La combustion incomplète peut produire des composés hydrocarbonés de faible poids moléculaire (HSDB, 2011)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

En milieu aérobie : cis-2,3-dihydro-2,3-dihydroxybiphényl ; 2,3-dihydroxybiphényl ; 2-hydroxy-6-oxo-6-phénylhexa-2,4-diénoate ; cis-2-hydroxypenta-2,4-diénoate et benzoate (puis leurs métabolites respectifs) (UM, 2012)

En milieu aérobie : 2,3-dihydro-2,3-dihydroxybiphényl ; alpha-hydroxy-béta-phénylmuconic semi-aldéhyde ; phényl pyruvate et acide benzoïque. (HSDB, 2011)

Impuretés :

Les principales impuretés sont des terphényles, produits lors de la synthèse du biphenyle par déshydrocondensation du benzène. (HSDB, 2011)

¹⁷⁸ Liste non exhaustive

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures : NQE-MA¹⁷⁹ : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE)
 NQEp¹⁸⁰ : (Circ. 2007-23)¹⁸¹ : 1,7 µg/l
 LQ circ 05/01/09 = 0,05 µg/l **Note :** NQEp / LQ : compatible
 PNEC_{eau douce} : 0,0017 mg/l (INERIS, 2011-b)

Occurrence du biphenyle dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés¹⁸² du secteur 3 est de **1,87 g/j** (32 sites - 163 mesures - 0 flux supérieur aux seuils.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le biphenyle est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4, et au cas par cas dans les rejets du sous-secteur 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de biphenyle de l'ensemble du secteur 3. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.4 au flux du secteur 3 (64%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, le biphenyle ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3

Traitabilité¹⁸³

Traitement possible par adsorption

Biodégradable en conditions aérobies avec des boues activées (HSDB, 2011)

¹⁷⁹ NQE-MA = valeur moyenne annuelle (Dir. 2008/105/CE)

¹⁸⁰ http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/_Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf

¹⁸¹ NQEp : "Norme de qualité provisoire" à retenir pour les substances pertinentes de la liste II hors métaux (liste des 99 substances")

¹⁸² Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

¹⁸³ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC¹⁸⁴ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE¹⁸⁵**
 - Le biphenyle n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances¹⁸⁶.**
 - Le biphenyle n'est pas concerné
- **Directive 91/414/CEE¹⁸⁷ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009**
 - En décembre 2009, le biphenyle ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8/12/10)¹⁸⁸**
 - Le biphenyle n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :		Codes de danger :
Eye Irrit. 2	H319	Provoque une sévère irritation des yeux, cat. de danger 2
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
STOT SE 3	H335	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition unique, cat.de danger 3, Peut irriter les voies respiratoires
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001¹⁸⁹**
 - Le biphenyle n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : le biphenyle n'est pas concerné¹⁹⁰
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation¹⁹¹**
 - Annexe 1 : le biphenyle fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets : 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,05 µg/l

¹⁸⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

¹⁸⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

¹⁸⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:1:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

¹⁸⁷ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

¹⁸⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

¹⁸⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

¹⁹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

¹⁹¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le biphényle **existe à l'état naturel**, il est synthétisé par certaines algues et par des végétaux supérieurs. (NCBI)

Le biphényle est émis dans l'environnement lors de la combustion de la biomasse, du charbon, des huiles, de matières plastiques, gommes, et du bois. On trouve aussi du biphényle en tant que sous produit de gazéification du charbon, de l'élaboration du gaz naturel, ou issu des activités de filature textile, ainsi que dans la fumée de tabac et dans les gaz d'échappement des véhicules à moteur. (HSDB, 2011)

Le biphényle peut être émis dans l'environnement lors de son utilisation ou de l'utilisation des produits dont il entre dans la composition (caisses et papiers d'emballage des agrumes par exemple). (HSDB, 2011)

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

Le biphényle peut être obtenu de diverses manières (NCBI) ;

- après chauffage et distillation d'un mélange de bromobenzène et de sodium
- en faisant passer lentement du benzène dans un tube de fer chauffé au rouge.
- en faisant passer des vapeurs de benzène en faibles quantités sur des oxydes de fer ou de plomb à haute température
- par la pyrolyse non catalytique du benzène en phase gazeuse
- par la réaction de bromure de phényl-magnésium avec du 1,4-diméthyl-2,3-dibromobutane dans un solvant inerte

Du biphényle de haute pureté est fréquemment produit par déshydrocondensation directe du benzène (NCBI)

Le biphényle peut aussi être récupéré dans les fractions qui accompagnent l'hydroalkylation du toluène en benzène (NCBI)

Utilisation générale

Le biphényle a de légères propriétés bactéricides et fongistatiques. (TOXNET)

Historiquement, le biphényle a été utilisé principalement comme **fongicide**, pour inhiber la croissance des champignons et moisissures en agriculture, en traitement du bois, des plastiques et autre matériaux, ainsi que dans les piscines. (NCBI)

Il est aussi utilisé dans la **synthèse de composés organiques** et en particulier la benzidine et l'anhydride phtalique, comme **fluide caloporteur**, antifongique en particulier pour la conservation des agrumes (imprégnation des caisses et des papiers d'emballage individuels des fruits), comme réactif pour la **teinture** des polyesters, **solvant** dans la fabrication des parfums et l'industrie pharmaceutique, **azurant optique**, **agent émulsifiant**, comme **support pour les pigments** utilisés dans l'industrie textile et l'imprimerie et comme agent plastifiant (HSDB, 2011)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- L'utilisation spécifique du benzène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de biphényle du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1,87 g/j**, (32 sites -163 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

Sous-secteur 3.1 : 7 sites (38 mesures - contributeur à **13,4%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,25 g/j**

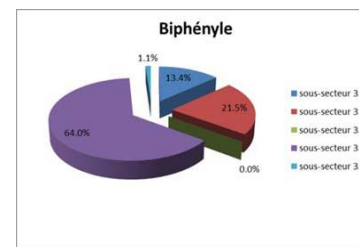
Sous-secteur 3.2 : 6 sites (31 mesures - contributeur à **25,5%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,4 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 2 sites (12 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 11 sites (48 mesures - contributeur à **64%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,2 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 6 sites (34 mesures - contributeur à **1,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,02 g/j**

Répartition des flux en biphényle dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD 3.4 Lavage de citernes 3.3 UIOM

3.2 Installations de stockage DND 3.5 Autres sites de traitement DND

Note : le biphényle est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.4, et seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.5 d'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation¹⁹². On remarquera cependant que le nombre de sites du sous-secteur 3.2 est très faible par rapport au nombre de sites de ce sous-secteur ayant fourni des données, par exemple, pour le nickel et le zinc (respectivement 93 et 94 sites). Les données ci-dessus ne semblent donc pas représentatives des flux de biphényle pour l'ensemble du secteur 3, et en particulier pour le sous-secteur 3.2.

¹⁹² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Présence dans l'environnement

Compartiment atmosphérique

Dans l'atmosphère, le biphényle à l'état gazeux est dégradé par des réactions photochimiques (demi-vie de 2 jours) (HSDB, 2011)

Eau & sédiments

Le biphényle a tendance à s'adsorber au sédiment et aux matières en suspension. Persistant en conditions anaérobies, il est rapidement biodégradé en conditions aérobies. (HSDB, 2011)

Sols

Le biphényle est peu mobile dans les sols. (HSDB, 2011)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du biphényle dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Produits de substitution

Traitement par Adsorption

Traitement envisagé, pas encore mis en place (très peu fiable)

Traitement biologique

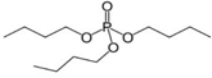
Un traitement biologique classique montre des performances

Certains microorganismes ont montré qu'ils étaient capables de dégrader le biphényle : *Beijerinckia* sp. ; *Beijerinckia* sp. B836 ; *Beijerinckia* sp. 199 ; *Cunninghamella elegans* ; *Pseudomonas putida* ainsi que des consortiums bactériens (Landis, et al., 1999)

RÉFÉRENCES

- ECHA** European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.
- HSDB** Hazardous Substance Data Bank - Biphenyl [En ligne] // Toxnet. - 2011. - mise à jour 15/04/2011. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@m+@rel+92-52-4>.
- INERIS** biphényle [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2011-b. - mise à jour avril 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/30>. - 6 pages.
- INERIS** Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLe.
- INERIS** RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.
- Landis W. G. et Yu M-H** Environmental Toxicology - Impacts of chemicals upon Ecological systems [Ouvrage] / éd. Press CRC. - [s.l.] : Lewis Publishers, 1999. - 2d Edition : p. env. 450 pages. - ISBN 1-56670-265-8.
- NCBI** PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.
- NLM** ChemIDplus Advanced Lite [En ligne] // United States National Library of Medicine. - <http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/>.
- RMC agence de l'eau** Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.
- RMC** Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.
- TOXNET** Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.
- UM** [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - Universtit of Minnesota, 2012. - <http://umbbd.ethz.ch/index.html>.

TRIBUTYLPHOSPHATE

DESCRIPTIF	
<p>Synonymes¹⁹³ :</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphate de diméthyle - phosphate de tributyle - TBP <p>Formule semi-développée : C₁₂H₂₇O₄P</p> <p>N° CAS : 126-73-8</p>	<p>Formule développée</p>  <p>Famille : composé organophosphoré</p>
<p>Propriétés physico-chimiques :</p> <p>Masse molaire : 266,32 (INERIS, 2011)</p> <p>Solubilité dans l'eau : 1 ml /165 ml d'eau (RMC, 2010) 280 mg/l à 25°C (INERIS, 2011) 400 mg/l à 20°C (INERIS, 2011)</p> <p>Pression de vapeur : 0,8 Pa à 20°C (INERIS, 2011)</p> <p>Point éclair : 120°C (RMC, 2010) 145°C (INERIS, 2011)</p> <p>Temps de ½ vie dans le sol :</p> <p>Temps de ½ vie dans l'eau de surface :</p> <p>Constante de Henry : 0,142 Pa.m³/mol (INERIS, 2011)</p> <p>Log Kow : 2,5 - 4 (INERIS, 2011)</p> <p>Koc : 1 460 l/kg (dans la vase) 1 188 l/kg dans l'argile 378 l/kg dans le sable (INERIS, 2011)</p> <p>Réaction avec d'autres molécules ou conditions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faiblement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006) • Le mélange avec du kérosène peut produire une réaction explosive avec de l'acide nitrique concentré (mélange connu sous le nom de "red-oil") <p>Métabolites connus dans les stations d'épuration :</p> <p>Toxicité et écotoxicité :</p> <p>Eaux de surface intérieures NQE-CA : absence de données (Dir. 2008/105/CE) NQEp¹⁹⁴ : (Circ. 2007-23)¹⁹⁵ : 82 µg/l NQE : 37 µg/l (INERIS, 2011)</p> <p>LQ circ 05/01/09 = - µg/l Note : NQE / LQ : sans objet</p> <p>PNEC eau douce chronique : 0,037 mg/l (INERIS, 2011)</p>	

¹⁹³ Liste non exhaustive¹⁹⁴ http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/_Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf¹⁹⁵ NQEp : "Norme de qualité provisoire" à retenir pour les substances pertinentes de la liste II hors métaux (liste des 99 substances) issue de l'arrêté du 20 avril 2005 modifié pris en application du décret du 20/04/05 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses

Occurrence du tributylphosphate dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés¹⁹⁶ du secteur 3 est de **135,86 g/j** (144 sites - 761 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le tributylphosphate est **analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.5**, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4.

Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de tributylphosphate de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Par ailleurs, on remarquera que le nombre de sites du sous-secteur 3.5 concernés par ces données (16 sites) est significativement inférieur au nombre de sites concernés par exemple par les flux de zinc ou de nickel (23 sites) pour le même sous-secteur. Il semble donc que les analyses ne soient pas aussi systématiques qu'attendu.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, **le tributylphosphate ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.**

Traitabilité¹⁹⁷

Traitement possible par **adsorption**

Traitement Biologique : avec des algues photosynthétiques

¹⁹⁶ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné¹⁹⁷ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **Substance pertinente issue de la liste II de la directive 2006/11/CE.**
- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC¹⁹⁸ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE¹⁹⁹**
 - Le tributylphosphate n'est pas concerné ; il ne fait donc pas l'objet d'une NQE réglementaire
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)²⁰⁰
 - Le tributylphosphate n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²⁰¹:
 - Le tributylphosphate n'est pas une substance soumise à restriction (il ne fait pas partie de l'annexe XVII)
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Cancérogène, cat.de danger 2
		Susceptible de provoquer le cancer
Acute Tox. 4	H302	Nocif en cas d'ingestion, cat. de danger 4
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**²⁰²
 - Le tributylphosphate n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : le tributylphosphate n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**²⁰³
 - Annexe 1 : le tributylphosphate fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes (italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux
 - L'annexe 5 proscrie la filtration des effluents aqueux pour l'analyse du tributylphosphate
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,1 µg/l

¹⁹⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>¹⁹⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>²⁰⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2²⁰¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>²⁰² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11²⁰³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15**NEOFORMATION****PRODUCTION / UTILISATION****Synthèse / Production**

Le tributylphosphate est produit avec la réaction d'estérification de l'acide phosphorique par du butane-1-ol. En laboratoire, il peut être synthétisé à partir du trichlorure de phosphore.

Utilisation générale

Le tributylphosphate est le composant de base de plusieurs pesticides phosphorés (dont, entre autres le dichlorvos et le mevinphos)

Il est utilisé comme solvant et plastifiant pour les esters de cellulose, tels que la nitrocellulose et l'acétate de cellulose. Il forme des complexes hydrophobes stables avec certains métaux ; ces complexes sont solubles dans les solvants organiques et dans le CO₂ supercritique. Les principales utilisations du TBP sont en tant que composant de fluides hydrauliques pour l'industrie aéronautique et en tant que solvant d'extraction et de purification des terres rares et de leurs minerais.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet (RMC, 2010)

Industrie de la chimie

- utilisé comme solvant, comme agent anti-moussant (RMC, 2010)

Autres secteur industriels**Site de synthèse ou de transformation de produits pétroliers**

- utilisé comme solvant pour extraire les métaux de solutions provenant de réacteurs (RMC, 2010)

Ennoblement textile

- défoliant pour les textiles (RMC, 2010)

Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires

- utilisé comme échangeur de chaleur (RMC, 2010)

Autres secteurs majoritaires

- agent d'extraction d'éléments radioactifs rares, uranium, plutonium (toxnet, 1984)
- utilisé comme retardateur de flamme (RMC, 2010)
- défoliant dans l'industrie du papier (RMC, 2010)

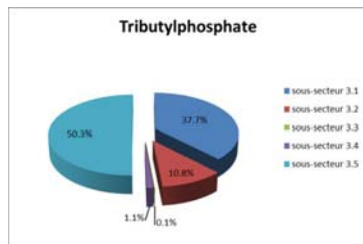
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de tributylphosphate du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **135,86 g/j** (144 sites - 761 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 28 sites (145 mesures - contributeur à **37,7%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **51,2 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 71 sites (368 mesures - contributeur à **10,8%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **14,71 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 18 sites (110 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,13 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (45 mesures - contributeur à **1,1%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,55 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 16 sites (93 mesures - contributeur à **50,3%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **68,27 g/j**

Répartition des flux en tributylphosphate dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.3 UIOM

3.5 Autres sites de traitement DND

Notes : Le tributylphosphate est analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.5, et uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de tributylphosphate de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Par ailleurs, on remarquera que le nombre de sites du sous-secteur 3.5 concernés par ces données (16 sites) est significativement inférieur au nombre de sites concernés par exemple par les flux de zinc ou de nickel (23 sites). Il semble donc que les analyses ne soient pas aussi systématiques qu'attendu.

Le tributylphosphate n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, le tributylphosphate ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Le projet AMPERES a montré que le tributylphosphate était détecté dans 30 à 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique****Eau****Sols /sédiments****PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS****Résumé des origines possibles du tributylphosphate dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****Présence possible de la substance dans les déchets suivants :****15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs**

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT****Substitution**

Aucune substitution ou changement de process n'a été identifié (RMC, 2010)

Traitement biologique

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du tributylphosphate est de 25 à 30% en entrée comme en sortie de STEP.

Une étude citée sur le site d'Oseo parle d'un traitement du tributylphosphate par une technique biologique (algues photosynthétiques). (Oseo) Fiabilité : 1 (RMC, 2010)

Traitement à l'ozone

Le traitement à l'ozone peut être employé seul ou combiné avec un traitement biologique. Note fiabilité: 2 (RMC, 2010)

Traitement par pervaporation

Cette technique a été testée et présente de bons résultats. Toutefois elle reste une technique émergente pour laquelle on n'a pas de recul (Westinghouse Savannah River Compagny). Note fiabilité : 1 (RMC, 2010)

REFERENCES

Westinghouse Savannah River Compagny [Section] / auteur du livre Pierce R.A..

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS Benzène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>.

INERIS Phosphate de tributyle [En ligne] // Portail substances chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1824>. - Mise à jour le 08/02/2011.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLe.

Oseo [En ligne].

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.




RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

toxnet [Section]. - 1984.

HEXACHLOROCYCLOHEXANE (α β γ)

DESCRIPTIF

Nom	Synonymes	n° CAS	Familles
1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (mélange d'isomères) 1,2,3,4,5,6-hexachlorure de benzène (mélange d'isomères) BHC / HCH (mélange d'isomères)		C₆H₆Cl₆	
α - hexachlorocyclohexane	<ul style="list-style-type: none"> - α - HCH - α - benzene hexachloride - cyclohexane, 1,2,3,4,5,6-hexachloro- (1α, 2α, 3β, 4α, 5β, 6β) - benzene trans hexachloride - α -BHC - α-hexachlorane - α-lindane - ENT 9,232 - CCRIS 327 	 319-84-6	Composés organochlorés
β - hexachlorocyclohexane	<ul style="list-style-type: none"> - β - HCH - 1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane, trans - cyclohexane, 1,2,3,4,5,6-hexachloro- (1α, 2β, 3α, 4β, 5α, 6β) - ENT 9,233 	 319-85-7	Pesticide Insecticide organochloré POP's
γ - hexachlorocyclohexane	<ul style="list-style-type: none"> - γ - HCH - γ-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane - cyclohexane, 1,2,3,4,5,6-hexachloro- (1α, 2α, 3β, 4α, 5α, 6β)- benzene hexachloride - γ-BHC - ENT 7,796 	 58-89-9	

Synonymes commerciaux du γ-hexachlorocyclohexane (lindane)²⁰⁴ :

- Agrocide	- Ambroicide	- Aparasin	- Aphitiria
- Benesan	- Benexane	- Benhexachlor	- BHC
- Borekil	- Borer-Tox	- Delitex	- Exagama
- Gallogama	- Gamaphex	- Gamma-BHC	- Gamma-Col
- Gammex	- Gamma-666	- Gammexane	- Gamasan
- Gexane	- Isotox	- Infectopharm Brand of Lindane	
- Jacutin	- Kwell	- Lindafor	- Lindagronox
- Lindaterra	- Lindatox	- Lintox	- Lorexane
- New Kotol	- Noviagam	- Quellada	- Steward
- Streunex	- Tri-6	- ENT 7,796	- Tetocid

²⁰⁴ Liste non exhaustive : 212 dénominations sont recensées pour le lindane, (NCBI, 2012g), 31 pour l'α-HCH (NCBI, 2012a) et 22 pour le β-HCH (NCBI, 2012b)

Propriétés physico-chimiques :

	α - HCH		β - HCH		γ - HCH		indifférenciés
Masse molaire g/mol	290,83 290,85	(g) (h)	290,83 290,85	(f) (h)	290,83 290,85	(e) (d)	290,84 290,8 (c) (a) (b)
Solubilité dans l'eau (mg/l)	2 mg/l à 25°C 2 mg/l à 28°C	(g) (h)	0,2 mg/l à 20°C 0,2 mg/l à 28°C	(f) (h)	10,0 mg/l à 20°C 7,3 mg/l à 25°C	(c) (d, e)	nulle 7,3 à 25°C (b) (a)
Pression de vapeur à 20°C (Pa)	4,5 10 ⁻⁵ mm Hg 0,02 mm Hg	(g) (h)	3,6 10 ⁻⁷ mm Hg 0,005 mm Hg	(f) (h)	5,6 Pa à 20°C 1,2 10 ⁻³ à 1,3 10 ⁻³ Pa 4,20 10 ⁻⁴ mm Hg 9,4 10 ⁻⁵ mm Hg	(d) (c) (e) (e)	4,2 Pa 5,6 Pa (b) (a)
Point éclair (°C)					65,6°C	(e)	
Temps de ½ vie dans le sol					environ 15 mois 40-70 j	(d) (c)	
Constante de Henry - 25°C	6,66 10 ⁻⁶ atm*m ³ /mol à 23°C	(g)	4,4 10 ⁻⁷ atm*m ³ /mol	(f)	0,355 Pa*m ³ /mol 5,14 10 ⁻⁶ atm*m ³ /mol	(c) (e)	
Log Kow	3,8 3,82	(g) (h)	3,78 3,80	(f) (h)	3,7 (3,2 - 3,9) 3,72	(c) (e)	
Koc (L/kg)			2 500 - 12 500	(f)	1 080 - 1352	(c)	

(a) (Feigenbrugel, 2005)

(b) (NIOSH, 1999)

(c) (INERIS, 2005)

(d) (Extoxnet, 2012)

(e) (HSDB, 2010)

(f) (HSDB, 2010-b)

(g) (HSDB, 2012)

(h) (IPCS, 1991)

Réactions avec d'autres molécules ou conditions :**Le lindane :**

- est incompatible avec les matériaux alcalins (HSDB, 2010)
- est corrosif pour les métaux (HSDB, 2010)
- il est décomposé par le fer, l'aluminium et le zinc en poudre (HSDB, 2010)
- est extrêmement stable à la lumière, à l'air, à la chaleur jusqu'à 180°C et aux acides ; il est déchloré en milieu alcalin (avec production de trichlorobenzènes). (HSDB, 2010)
- non inflammable, mais se décompose à la chaleur en produisant des fumées toxiques et /ou corrosives (HSDB, 2010)

L'hexachlorocyclohexane

- réagit violemment avec le N,N-diméthylformamide (Leleu, et al., 2004)
- est non combustible (NIOSH, 1999)
- se décompose en chauffant produisant des fumées très toxiques (phosgène, chlore et chlorure d'hydrogène), et au contact de bases. (NIOSH, 1999)

Le β-HCH

- non inflammable, mais se décompose à la chaleur en produisant des fumées toxiques et /ou corrosives : Cl₂, HCl, et phosgène (HSDB, 2010-b)
- grande stabilité dans les acides mais instable en milieu alcalin (HSDB, 2010-b)

Métabolites connus dans l'environnement :

Le β-HCH est un sous produit de la photolyse du lindane (HSDB, 2010-b)

Métabolites du lindane dans les sols : γ-2,3,4,5,6-pentachloro-1-cyclohexène, α-, β-, et γ-3,4,5,6-tétrachloro-1-cyclohexène, et pentachlorobenzène (INERIS, 2005)

Le benzène a été identifié comme métabolite du lindane dans des boues de stations d'épuration (HSDB, 2010)

La transformation des isomères α- β- γ- et δ- de l'hexachlorocyclohexane en solution aqueuse a été suivie, pendant 4 semaines, à 25°C et à 1°C, avec des dosages en HPLC. Les résultats de l'étude ont montré une interconversion des différents isomères dans le temps. (HSDB, 2010-b)

Impuretés :

Les impuretés du lindane sont l'heptachlorocyclohexane et l'octachlorocyclohexane (INERIS, 2005)

Le lindane technique contient 5 à 12% de β-HCH. (HSDB, 2010-b)

Les impuretés du β-HCH sont l'alpha-HCH(α), le delta-HCH (δ), le gamma-HCH (γ), l'epsilon-HCH (ε) et le iota-HCH (ι). (HSDB, 2010-b)

Toxicité et écotoxicité :

	Somme des trois hexachlorocyclohexanes α-HCH , -β-HCH , γ-HCH
Eaux de surface intérieures NQE-MA ²⁰⁵	0,02 µg/l (Dir. 2008/105/CE)
Eaux de surface intérieures NQE-CMA ²⁰⁶	0,04 µg/l (Dir. 2008/105/CE)

	α - HCH	γ - HCH
LQ circ 05/01/09	0,02 µg/l	0,02 µg/l
Note : NQE / LQ	difficilement compatible	difficilement compatible
PNEC _{eau} :		1,7 ng/l (INERIS, 2005) ²⁰⁷

²⁰⁵ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle²⁰⁶ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible²⁰⁷ Proposition provisoire établie à partir de données non validées qui pourra être modifiée ultérieurement

Occurrence du γ -hexachlorocyclohexane (lindane) dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **0,14 g/lj** (88 sites - 455 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le γ -hexachlorocyclohexane (lindane) est analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.1. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les sous-secteurs 3.3, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous secteurs 3.3, 3.4 et 3.5 au flux global du secteur 3.

Compte-tenu de l'absence constatée de flux supérieurs aux seuils, et du manque de représentativité des contributions respectives de chaque sous secteur au flux global du secteur 3, **le lindane n'est pas une substance d'intérêt pour les rejets des industries du secteur des déchets.**

Occurrence de l' α -hexachlorocyclohexane dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés²⁰⁸ du secteur 3 est de **0,12 g/lj** (121 sites - 608 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

L' α -hexachlorocyclohexane est analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.1. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les sous-secteurs 3.2 et 3.5. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous secteurs 3.2 et 3.5 au flux global du secteur 3.

Compte-tenu de l'absence constatée de flux supérieurs aux seuils, et du manque de représentativité des contributions respectives de chaque sous secteur au flux global du secteur 3, **l' α -HCH n'est pas une substance d'intérêt pour les rejets des industries du secteur des déchets.**

Les autres isomères de l'hexachlorocyclohexane n'ont pas été suivis par la campagne RSDE-2.

Traitabilité²⁰⁹

- Traitement par adsorption sur charbon actif.
- Traitement par technique membranaire : Nanofiltration ou osmose inverse
- Traitement biologique

²⁰⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

²⁰⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC²¹⁰ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE²¹¹**
 - Le γ -hexachlorocyclohexane (608-73-1) est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - Le γ -hexachlorocyclohexane (210-158-9) fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau" ; il est identifié en tant que "substance dangereuse prioritaire".
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**
 - les trois isomères de l'hexachlorocyclohexane ont été proposés en juin 2005 pour être intégrés à l'Annexe A de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"²¹²
 - **Une dérogation spécifique concerne le lindane** pour l'utilisation en deuxième intention comme produit pharmaceutique de traitement des poux de tête et de la gale chez l'homme²¹³
 - **Aucune dérogation n'est prévue pour les isomères α et β**
- **Directive 91/414/CEE²¹⁴ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009**
 - En décembre 2009, l'hexachlorocyclohexane ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)²¹⁵**
 - L'hexachlorocyclohexane n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²¹⁶.**
 - L'hexachlorocyclohexane n'est pas concerné

²¹⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

²¹¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

²¹² <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

²¹³ <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/Reviewedchemicals/tabid/781/Default.aspx>

²¹⁴ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

²¹⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

²¹⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Pour le lindane :

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Acute Tox. 3	H301	Toxicité aiguë, toxique en cas d'ingestion
Acute Tox. 4	H332	Toxicité aiguë, nocif par inhalation
	H312	Toxicité aiguë, nocif par contact cutané
STOT RE 2	H373	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition répétée, cat.de danger 2,
Lact	H362	Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001** ²¹⁷
 - annexe A : non concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)** ²¹⁸
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an pour le α -HCH
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an pour le γ -HCH
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation** ²¹⁹
 - Annexe 1 : les deux isomères alpha et gamma-HCH font partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (α - et γ -)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (α - uniquement ; en italique)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (γ - uniquement ; en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes (γ - uniquement ; en italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (α - et γ - ; en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,2 μ g/l pour chacun des isomères.

²¹⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

²¹⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

²¹⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le lindane n'est pas une substance naturelle.

La production et l'utilisation du lindane, en particulier dans des usages extensifs comme les traitements phytosanitaires sont à l'origine d'émissions dans l'environnement. (HSDB, 2010)

La transformation des isomères α - β - γ - et δ - de l'hexachlorocyclohexane en solution aqueuse a été suivie, pendant 4 semaines, à 25°C et à 1°C, avec des dosages en HPLC. Les résultats de l'étude ont montré une interconversion des différents isomères dans le temps. (HSDB, 2010-b)

PRODUCTION / UTILISATION

Le lindane fait l'objet d'un brevet aux USA depuis 1940. Il est - ou a été- utilisé en tant que pesticide dans un très grand nombre d'applications agricoles, vétérinaires et sanitaires. (HSDB, 2010). Actuellement, ses utilisations sont en régression.

L'hexachlorocyclohexane est un produit intermédiaire de l'industrie chimique.

Synthèse / Production

L'hexachlorocyclohexane est préparé à partir d'hexachlorobenzène brut, avec du méthanol ou de l'acide acétique dans lequel les isomères alpha- et bêta- sont quasiment insolubles. Le lindane est isolé par chromatographie d'adsorption ou par cristallisation fractionnée. (HSDB, 2010)

Il peut aussi être produit à partir de benzène et de chlore par photochloration et purification (HSDB, 2010)

Le **lindane** est l'un des isomères de l'hexachlorocyclohexane synthétisé à partir de benzène et de chlore. La réaction de synthèse peut être démarrée grâce à des initiateurs de radicaux libres tels que la lumière visible, la lumière ultraviolette, les rayons X ou les rayons γ . Le traitement par du méthanol ou de l'acide acétique suivi d'une cristallisation fractionnée permet de concentrer le lindane jusqu'à 99,9%, concentration requise pour lindane technique. (INERIS, 2005) Les isomères produits sont l'alpha- (α), le bêta- (β), le delta- (δ), le gamma- (γ) et l'épsilon-HCH (ϵ). (HSDB, 2010-b)

Note sur les formulations d'isomères : Les produits chiraux naturels sont engendrés souvent sous une forme stéréoisomérique pure (acides aminés de la série L, sucres de la série D). Ceux qui sont obtenus par synthèse chimique classique, en dehors des cas de catalyse stéréospécifique, sont généralement des mélanges de stéréoisomères. Les stéréoisomères ont la même formule développée plane, les atomes sont enchaînés dans le même ordre, mais leur arrangement dans l'espace est différent. Leur mutuelle conversion est parfois possible. C'est une véritable réaction chimique avec rupture de liaisons interatomiques et recombinaison. Leur séparation est coûteuse. C'est pourquoi, on a longtemps considéré, surtout lorsqu'il s'agissait de détruire l'espèce cible (pesticides) et non de soigner (médicaments), que l'on pouvait se dispenser de ces séparations et utiliser le produit en mélange, les stéréoisomères inactifs ou faiblement actifs ne jouant qu'un rôle de charge. C'était négliger qu'un stéréoisomère inactif comme pesticide sur l'espèce visée pouvait manifester une activité antagoniste ou une autre activité sur la cible, ou agir sur d'autres cibles. Au vu de leur formule, le chimiste identifie clairement les stéréoisomères pour des produits différents (Fournier, 2010).

Le produit commercialisé sous le nom de "lindane" contient essentiellement du γ -HCH (99%), ainsi qu'un mélange de cinq autres isomères. C'est l'isomère γ - qui a un effet insecticide marqué (Extoxnet, 2012), ainsi que l'isomère β (HSDB, 2010-b).

La proportion relative des différents isomères dans l'hexachlorocyclohexane technique est variable et dépend des conditions de synthèse. Par exemple, on peut trouver une répartition de 55-70% d' α -HCH, 10-18% de γ -HCH, 6-8% de β -HCH, 3-4% de δ -HCH et des traces d' ϵ -HCH. Un autre exemple donne les proportions suivantes : 60-70% d' α -HCH, 10-15% de γ -HCH, 5-12% de β -HCH, 6-10% de δ -HCH, et 3-4% d' ϵ -HCH (HSDB, 2012)

Note : dans la bibliographie, la plupart des études sur le "lindane" ne mentionnent pas elles portent sur le lindane technique (à environ 99% de γ -HCH) ou sur l'isomère γ - isolé.

Utilisation générale

Le lindane (γ -HCH) :

Le lindane est un insecticide utilisé dans le traitement des semences, le traitement contre les insectes phytophages en agriculture et dans les entrepôts, dans la lutte contre les insectes vecteurs de maladies (Extoxnet, 2012). En tant qu'insecticide, il n'est plus utilisé en France depuis 1993 (ANSES, 2010).

Le lindane peut aussi être présent dans des crèmes, des lotions, et des shampooings pour le traitement des poux et des acariens chez les humains, dont la gale. (Extoxnet, 2012)

Historiquement, il a été utilisé pour le traitement des sols (maïs, betteraves etc...), pour le traitement des semences (céréales, colza, lin, etc...), et pour le traitement foliaire (tabac, cultures sous serre, arboriculture, cultures maraîchères, fourragères et ornementale, dont les plantations de sapins de Noël). Il est également employé pour la protection des bois d'œuvre (grumes, charpentes, meubles), dans des sprays insecticides ménagers (intérieur et extérieur), pour le traitement des bibliothèques, pour le traitement des containers pour aliments destinés aux animaux. On l'utilise aussi en médecine vétérinaire pour le traitement antiparasitaire des animaux (gales, tiques, puces, poux) et en médecine humaine pour le traitement des ectoparasites tels que la gale ou les poux et leurs lentes ainsi que pour le traitement de certains vêtements (en usage militaire). (HSDB, 2010)

Aux USA, le lindane en tant que produit phytosanitaire est encore utilisé pour 6 cultures : l'orge, le maïs, l'avoine, le seigle, le sorgho, et le blé. Selon les années, 65 à 105 tonnes de produit actif sont utilisés pour ces applications (données EPA 2006) (HSDB, 2010)

Le β -hexachlorocyclohexane :

Le β -HCH n'a aucune propriété insecticide - Cette information est contredite par (HSDB, 2010-b) qui annonce que le β -HCH est un insecticide utilisé en agriculture.

L' α -hexachlorocyclohexane :

L' α -HCH est un co-produit (contaminant) des formulations d'hexachlorocyclohexane utilisées comme pesticide. (HSDB, 2012)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique du lindane et des autres isomères de l'hexachlorocyclohexane dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées. Le lindane, en tant qu'insecticide a toutefois pu être utilisé ponctuellement pour la maintenance des sites (désinsectisation, traitement du bois d'œuvre...),

Utilisation dans les autres secteurs industriels

Autres secteurs majoritaires pour le lindane :

- traitements phytosanitaires en agriculture (HSDB, 2010)
- traitements des ectoparasites en médecines humaine et vétérinaire (HSDB, 2010)
- lutte contre les insectes phytophages dans le bâtiment et l'ameublement (HSDB, 2010)

Autres secteurs majoritaires pour le β -HCH :

- insecticide en agriculture (HSDB, 2010-b)
- anticonvulsif et antiépileptique. (NCBI, 2012a)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

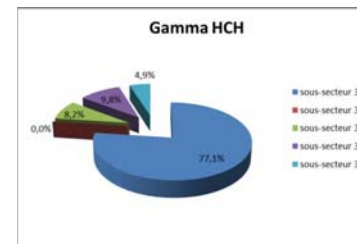
Présence du lindane (γ -HCH) dans les effluents des industries du secteur des déchets :

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de γ -hexachlorocyclohexane du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0,14 g/j**. (88 sites - 455 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 33 sites (176 mesures - contributeur à **77,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,11 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 16 sites (77 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 17 sites (103 mesures - contributeur à **8,2%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (36 mesures - contributeur à **9,8%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 11 sites (63 mesures - contributeur à **4,9%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**

Répartition des flux lindane (γ HCH) dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



Note : l'hexachlorocyclohexane est analysé systématiquement le lindane (γ-HCH) est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.1, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.3, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de lindane de l'ensemble des sous-secteurs du secteur 3 et ne permettent pas d'estimer les contributions respectives des sous secteurs 3.3, 3.4 et 3.5 au flux global du secteur 3.

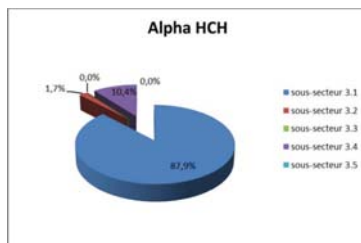
Présence de l'α-HCH dans les effluents des industries du secteur des déchets :

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés d'α-hexachlorocyclohexane du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0,12 g/j**, (121 sites - 608 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1 :** 32 sites (173 mesures - contributeur à **87,9%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,1 g/j**
- Sous-secteur 3.2 :** 68 sites (334 mesures - contributeur à **1,7%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3 :** 2 sites (12 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4 :** 3 sites (14 mesures - contributeur à **10,4%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- Sous-secteur 3.5 :** 14 sites (75 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Répartition des flux d'α-HCH dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : l'α-HCH est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.1, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.2 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'alpha-hexachlorocyclohexane de l'ensemble des sous-secteurs et ne permettent pas d'estimer les contributions respectives des différents sous-secteurs au flux global du secteur 3.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Ces dernières années, le projet AMPERES a montré que l'hexachlorocyclohexane était détecté dans 30 à 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence d'hexachlorocyclohexane dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, l'hexachlorocyclohexane est détecté dans moins de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que dans 30 à 70% des cas, on retrouve l'hexachlorocyclohexane dans les boues de STEP, à des concentrations entre 0,001 et 0,1 mg/kg de boues.

Présence dans l'environnement

Le lindane est une substance de synthèse. La présence de lindane dans l'environnement est uniquement d'origine anthropique. (INERIS, 2005)

Les usages passés (et toujours actuels dans certaines zones géographiques du monde - USA, Inde, Bolivie, Burkina Faso, Cap Vert, Cameroun, Tchad, Kenya, Malaisie, Mali, Mauritanie, Mexique, Papouasie Nouvelle Guinée, Syrie, Tanzanie, Togo, et Zimbabwe), associés à sa persistance et à sa capacité de transport à grandes distances font que le lindane reste présent dans l'environnement (HSDB, 2010). Il en est de même pour le β-HCH et l'α-HCH qui, à cause de leur utilisation passée et actuelle en tant que pesticide (ou co-produit), de leur persistance et de leur capacité de transport sur de longues distances, continuent à contaminer les populations par le biais de l'alimentation, de l'eau de boisson et de l'air. (HSDB, 2010-b) (HSDB, 2012)

On notera que les aliments (ainsi que les objets usuels) provenant des pays dans lesquels le lindane est utilisé sont à l'origine de contaminations sur le territoire européen, via les déchets, ou encore via les eaux usées et boues de stations d'épuration pour la contamination alimentaire excrétée.

Compartiment atmosphérique

Le lindane (γ-HCH) :

Le lindane, comme le pentachlorophénol, font partie des substances actives utilisées pour la protection du bois aujourd'hui interdites, et malgré tout toujours détectées dans l'air intérieur plusieurs décennies après application. (ANSES, 2010)

Dans l'atmosphère, le lindane provient de l'utilisation agricole comme pesticide. L'érosion par le vent de sols contaminés et la volatilisation à partir de ces sols le dispersent également dans l'atmosphère. (INERIS, 2005)

Le lindane en phase gazeuse peut s'adsorber sur des particules solides et être à nouveau déposé. Les taux de disparition du lindane par précipitation et dépôt humide sont respectivement de 2,5% et 3,3% par semaine. Le temps de résidence moyen du lindane dans l'atmosphère a été ainsi estimé à 17 semaines. (INERIS, 2005)

Le lindane n'est pas photodégradable (Extoxnet, 2012)

Pour d'autres auteurs, dans l'atmosphère, le lindane peut se dégrader partiellement par réaction photochimique avec des radicaux hydroxyles pour donner des pentachlorocyclohexènes et tétrachlorocyclohexènes. Cependant, ce phénomène est considéré comme très peu significatif. La ½ vie par photooxydation proposée par la littérature est égal à 270 jours. (INERIS, 2005)

Concentrations ubiquitaires dans l'air : <0,2 ng/m³ (INERIS, 2005)

Le β-hexachlorocyclohexane :

Dans l'atmosphère, le β-HCH est présent à la fois sous forme vapeur et sous forme particulaire. La fraction vapeur est dégradée par des réactions photochimiques (½ vie estimée à 28 jours) alors que la fraction particulaire est redéposée par voie sèche ou humide après un transport sur de plus ou moins grandes distances. (HSDB, 2010-b)

L'α-hexachlorocyclohexane :

Dans l'atmosphère, le α-HCH est présent à la fois sous forme vapeur et sous forme particulaire. La fraction vapeur est dégradée par des réactions photochimiques (½ vie estimée à 110 jours) alors que la fraction particulaire est redéposée par voie sèche ou humide après un transport sur de plus ou moins grandes distances. (HSDB, 2012)

Eau & sédiments**Le lindane (γ-HCH) :**

Le lindane peut polluer les eaux de surface lors des précipitations de pluie ou de neige. Le lessivage de sols contaminés peut entraîner la pollution des eaux souterraines. (INERIS, 2005)

Le lindane est persistant dans l'eau. (Extoxnet, 2012)

Le lindane est peu soluble dans l'eau. Il pourra disparaître par adsorption sur les sédiments, biodégradation ou absorption par la faune. Bien que le lindane soit plus volatil que la plupart des autres insecticides organochlorés, son évaporation à partir de l'eau demeure toutefois un processus lent, mineur par rapport à la volatilisation à partir des sols. Dans l'eau, sa ½ vie par évaporation est estimée à 191 jours. (INERIS, 2005)

Concentrations ubiquitaires dans les eaux de rivières : 50 ng/L (INERIS, 2005)
dans les sédiments : 0,1 à 1 µg/kg (INERIS, 2005)
dans les eaux de pluie : 200 ng/L (INERIS, 2005)

Le β-hexachlorocyclohexane :

Dans l'eau, le β-HCH s'adsorbe sur les particules en suspension et les sédiments. Dans le milieu aquatique, la volatilisation n'est pas un mécanisme significatif de la disparition de la substance du compartiment aquatique. (HSDB, 2010-b)

Dans l'eau et les sédiments, en conditions anaérobies (méthanogènes), le β-HCH est biodégradable. (HSDB, 2010-b)

L'α-hexachlorocyclohexane :

Dans l'eau, les cinétiques d'hydrolyse de l'isomère α sont très lentes (½ vies de 1,2 ans à pH 7, 10 mois à pH 8, et 1 mois à pH 9). (HSDB, 2010-b)

Dans l'eau, le α-HCH s'adsorbe sur les particules en suspension et les sédiments. Dans le milieu aquatique, la volatilisation est un mécanisme significatif de disparition de la substance du compartiment aquatique. Dans l'eau, sa ½ vie par évaporation est estimée à 6 jours en rivière et 74 jours en milieu lacustre. (HSDB, 2012)

Soils**Le lindane (γ-HCH) :**

Le lindane est très persistant et relativement mobile dans les sols. (Extoxnet, 2012)

Dans les sols, le lindane provient du traitement par les pesticides et des rejets indirects provenant de sa fabrication ou de son stockage. (INERIS, 2005)

Le lindane est considéré comme très peu mobile dans les sols. Etant donné son caractère lipophile, il est fortement adsorbé par les sols riches en matières organiques et ne sera lessivé qu'en présence de fortes précipitations. Il sera en revanche plus mobile dans les sols pauvres en matière organique. Une contamination des eaux souterraines ne pourra ainsi être exclue en présence de tels sols. (INERIS, 2005)

Après application du lindane, une partie non négligeable peut s'évaporer : les taux de volatilisation fournis par la littérature sont très variables selon la nature et l'humidité des sols d'une part, cette dernière favorisant nettement le départ à l'atmosphère du lindane en surface, puis selon le mode (pulvérisation ou application d'une solution) et la température d'application d'autre part. Sa ½ vie par évaporation à partir des sols s'échelonne de 24 heures à 25 jours. (INERIS, 2005)

La disparition par dégradation abiotique est un phénomène mineur par rapport à la biodégradation. Par exemple, l'hydrolyse du lindane est très lente aux pH environnementaux : les ½ vies peuvent aller de 4 jours (pH 9, +25°C) à 42 ans (pH 8, +5°C) (INERIS, 2005)

La biodégradation du lindane dans les sols se fait en conditions anaérobies (INERIS, 2005)

Concentrations ubiquitaires dans les sols : 0,1 à 1 µg/kg (INERIS, 2005)

Le β-hexachlorocyclohexane :

Dans le sol, le β-HCH est faiblement mobile à pas mobile. La volatilisation à partir des sols, secs ou humides, n'est pas un mécanisme majeur. (HSDB, 2010-b)

Le β-HCH est très persistant dans les sols, avec une ½ vie observée de 184 jours dans des sols cultivés à 100 jours dans des sols non cultivés (HSDB, 2010-b)

Dans des sols en conditions aérobies, le β-HCH est réfractaire à la biodégradation, alors qu'il peut être totalement biodégradé dans des conditions méthanogènes (HSDB, 2010-b)

L'α-hexachlorocyclohexane :

L'α-HCH est considéré comme peu mobile dans les sols. La volatilisation à partir des sols humides pourrait être un mécanisme majeur, mais pas dans le cas des sols secs. (HSDB, 2012)

La ½ vie par biodégradation du α-HCH est d'environ 90 jours dans des sols humides et de 63 jours dans un sol boueux ; le taux de biodégradation est lié à la capacité de désorption des particules du sol. (HSDB, 2012)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles de l'hexachlorocyclohexane dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
 02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
 02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 02 Bois, verre et matières plastiques
 17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.
- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 19* pesticides
 20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

ANALYSE DES PESTICIDES CHIRAUX (FOURNIER, 2010)

Des méthodes analytiques sont nécessaires pour identifier les différents stéréoisomères et mesurer la concentration de chacun dans les résidus qui peuvent se trouver dans les aliments et dans l'environnement. **La chromatographie liquide à haute performance (CLHP) équipée de colonnes à phases chirales est la technique la plus appropriée et la plus utilisée à cette fin.**

À tort, les limites maximales de résidus autorisées, fixées par les réglementations, ne distinguent qu'exceptionnellement les stéréoisomères, or nous avons vu qu'ils présentent presque toujours des toxicités différentes. Il n'est donc pas indifférent que le résidu du mélange de deux énantiomères soit composé à 90 % de l'énantiomère le plus toxique ou à 90% de l'autre. En outre, des diastéréoisomères engendrés par des épimérisations métaboliques, sous l'effet d'agents chimiques ou de la lumière, peuvent s'être formés et se révéler encore plus toxiques.

Par contre, puisque les diastéréoisomères ont des propriétés physiques et chimiques différentes, il n'est pas nécessaire pour les séparer de disposer de colonnes à phase chirale. On peut aussi séparer des énantiomères à l'aide de phases chromatographiques achirales lorsqu'ils présentent des groupes fonctionnels qui peuvent être dérivés en diastéréoisomères. Des acides chiraux énantiomères peuvent ainsi être transformés en esters d'alcool chiral, les esters diastéréoisomères ayant des propriétés physiques différentes que l'on exploitera pour les séparer.

Les connaissances accumulées sur la différence des effets biologiques de stéréoisomères laissent prévoir que les exigences de mise sur le marché de molécules stéréoisomériques seront de plus en plus grandes. Après la recherche intensive et la mise au point de catalyseurs chiraux, les chimistes ont maintenant à leur disposition des biocatalyseurs de plus en plus nombreux et faciles d'emploi. On peut donc aussi prévoir des changements déterminants et rapides dans les procédés de fabrication et la disponibilité de standards analytiques stéréochimiquement purs qui convaincront les fabricants, les utilisateurs et les pouvoirs publics, chargés des réglementations, de l'individualité des stéréoisomères.

EAUX (INERIS, 2005)

Prélèvements et conditionnement

Collecte d'un échantillon représentatif dans un contenant en verre

Les prélèvements sont réalisés de manière extemporanée ou à l'aide d'un préleveur séquentiel. Ils sont conditionnés dans des flacons en verre ambré, dont le bouchon est muni d'un joint en Teflon®. Ces flacons doivent être nettoyés selon un protocole propre à éliminer toute trace de composés organiques avant de réaliser les prélèvements.

Lorsque la présence de chlore libre est suspectée, procéder à la stabilisation du prélèvement en ajoutant 0,008 % de thiosulfate de sodium à, chaque flacon. Conserver ensuite au froid à + 4°C maximum.

Les échantillons doivent être engagés en analyse rapidement après le prélèvement.

Extraction / préparation

✓ **Par extraction liquide/liquide :**

L'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général l'hexane, l'heptane ou l'éther de pétrole ou le dichlorométhane. Ce dernier solvant induit une étape de changement de solvant avant l'analyse.

Une purification peut s'avérer nécessaire : elle est réalisée par percolation sur une colonne remplie d'un support adapté à l'élimination des composés que l'on souhaite retirer :

- Sur colonne alumine/nitrate d'argent pour éliminer les composés polaires,
- Sur colonne de gel de silice ou par perméation de gel pour séparer les PCB et les phtalates.

✓ **- par SPE (Solid Phase Extraction) :**

Une aliquote du prélèvement traverse par percolation une colonne remplie d'un support propre à fixer le lindane, par exemple du Florisil®, puis on procède à son élution à l'aide d'un solvant ou d'un mélange de solvants.

La vérification du rendement de cette opération est impérative.

Dosage

Le dosage de l'extrait purifié, est effectué, par chromatographie en phase gazeuse. Les détecteurs adaptés sont :

- Le détecteur à capture d'électrons,
- Le spectromètre de masse.

Dans le cas de l'utilisation d'un détecteur à capture d'électrons, la confirmation de l'identité, du lindane peut être soumise à l'utilisation d'un système dit « à double colonne », comportant deux colonnes de polarité, différente et deux détecteurs identiques reliés par un diviseur au même port d'injection.

NORMES

EN ISO 5667- 3 (1991) – Qualité de l'eau : échantillonnage – partie 3 : guide pour la conservation et la manipulation des échantillons - § 3.2.3.2.

Domaine d'application : Les directives générales sur les précautions à prendre pour conserver et transporter des échantillons d'eau sont particulièrement applicables lorsque un échantillon, localisé ou composite, ne peut être analysé sur le terrain.

Principe : L'utilisation de flacons en verre brun est recommandée. Ceux ci doivent être préalablement nettoyés à l'aide de détergent, rincés à l'eau déminéralisée, séchés à 105° C, rincés à l'aide du solvant choisi pour l'extraction et séchés à nouveau sous courant d'air ou d'azote purifié. Il est recommandé, d'ajouter le solvant d'extraction dans le flacon au moment du prélèvement.

Les échantillons sont ensuite conservés à une température comprise entre +2°C et +5°C, à l'obscurité, et analysés dans les 24 heures suivant le prélèvement.

Interférences

- ✓ Les phtalates qui pourraient être introduits par l'emploi de flacons en matière plastique sont générateurs d'interférences analytiques.
- ✓ L'utilisation de flacons de réemploi est également une source potentielle de contamination, et cette pratique doit faire l'objet de précautions sévères lors de la décontamination des flacons.

NF EN ISO 6468 (1997) – Qualité de l'eau – Dosage de certains insecticides organochlorés, des polychlorobiphényles et des chlorobenzènes.

Domaine d'application : La méthode est applicable aux eaux ne contenant pas plus de 0,05g/L de matières en suspension. La limite de détection se situe entre 1 et 10 ng/L.

Principe : Une extraction liquide/liquide est réalisée à l'aide d'un solvant, hexane, heptane ou éther de pétrole. Il est recommandé, d'effectuer l'extraction dans le récipient d'échantillonnage, par agitation dudit flacon, ou à l'aide d'un barreau magnétique.

L'extraction étant peu sélective, il peut s'avérer nécessaire, lorsque l'on traite des échantillons chargés, de procéder à une purification destinée à éliminer les substances indésirables co-extraites afin de minimiser les interférences.

Cette purification pourra être effectuée par percolation de l'extrait :

- Sur colonne alumine/nitrate d'argent pour éliminer les composés polaires,
- Sur colonne de gel de silice pour séparer les PCB's et les phtalates.

L'extrait purifié, est ensuite concentré, et analysé, par chromatographie en phase gazeuse équipé d'un détecteur à capture d'électrons ECD.

Dans tous les cas, il convient de réaliser un essai à blanc sur de l'eau pure et de déterminer le rendement d'extraction / purification.

Interférences

- ✓ Le lindane est en général présent en très faible quantité dans les eaux : une des principales sources d'interférences est la contamination en cours d'extraction. Les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités : il est important d'éviter tout contact de l'échantillon avec des récipients ou des objets en matière plastique.
- ✓ Il convient également de confirmer la présence de lindane, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 8080A (1994) : Pesticides organochlorés et PCB par chromatographie en phase gazeuse.

Domaine d'application : La méthode EPA 8080 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés, **dont le lindane**, et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides. La limite de quantification, dépendante de la matrice, est de 0,04 $\mu\text{g/L}$ sur les eaux de surface et de 400 $\mu\text{g/kg}$ sur les sols très contaminés.

Principe : L'extraction est en général réalisée au solvant, à pH neutre sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène:

- EPA Method 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule
- EPA Method 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu et sur les solides
- EPA Method 3540 : extraction au Soxhlet à l'aide d'un mélange hexane/acétone (1:1)
- EPA Method 3541 : extraction automatisée au Soxhlet avec un mélange hexane/acétone (1:1)
- EPA Method 3550 : extraction au bain à ultrasons à l'aide d'un mélange hexane/acétone (1:1)

Elle est généralement suivie d'une purification sur colonne de Florisil® (EPA Method 3620) ou de gel de silice (EPA Method 3630).

On procède ensuite à un changement de solvant par évaporation pour remplacer le chlorure de méthylène par l'hexane, puis les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne remplie, avec détection ECD et/ou SM.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités.
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence de lindane, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 8081 (1994) : Pesticides organochlorés et PCB par chromatographie en phase gazeuse : technique de la colonne capillaire.

Domaine d'application : La méthode EPA 8081 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés, **dont le lindane**, et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides. La limite de quantification, dépendante de la matrice, est de 0,025 $\mu\text{g/L}$ sur les eaux de surface et 2 $\mu\text{g/kg}$ sur les sols.

Principe : L'extraction est en général réalisée au solvant, à pH neutre sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène :

- EPA Method 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule
- EPA Method 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu, et sur les solides
- EPA Method 3540 : extraction au Soxhlet à l'aide d'un mélange hexane/acétone (1:1)
- EPA Method 3541 : extraction automatisée au Soxhlet avec un mélange hexane/acétone (1:1)
- EPA Method 3550 : extraction au bain à ultrasons à l'aide d'un mélange hexane/acétone (1:1)

Elle est généralement suivie d'une purification sur colonne de Florisil® (EPA Method 3620) ou de gel de silice (EPA Method 3630).

On procède ensuite, un changement de solvant par évaporation pour remplacer le chlorure de méthylène par l'hexane, puis les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire ou « wide-bore », avec détection ECD et/ou SM. La méthode décrit l'option « double-colonne » pour l'identification des composés, dans laquelle deux colonnes de polarités différentes sont couplées au même injecteur.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités. Ils peuvent être éliminés par purification par perméation de gel (méthode EPA 3640) ou par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).
- ✓ La présence de composés soufrés dans les échantillons analytiques conduit à une interférence : il convient de les éliminer en utilisant la méthode EPA 3660 (élution fractionnée sur colonne de gel de silice).
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence de lindane, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 8270D (1998) : composés organiques semi-volatils par GC/MS**Domaine d'application :**

La méthode EPA 8270 est utilisée pour déterminer une liste de composés organiques semi-volatils, **dont le lindane**, dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides, sols, déchets et supports de prélèvement d'air. Aucune limite de quantification dans aucune matrice, n'est indiquée pour le lindane.

Principe : L'extraction est en général réalisée au solvant, à pH neutre sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène :

- EPA Method 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule
- EPA Method 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu
- EPA Method 3535 : extraction sur phase solide ou SPE, sur les solides
- EPA Method 3540 : extraction au Soxhlet à l'aide d'un mélange hexane/acétone (1:1)
- EPA Method 3541 : extraction automatisée au Soxhlet à l'aide d'un mélange hexane/acétone (1:1)
- EPA Method 3545 : extraction par solvant pressurisé
- EPA Method 3550 : extraction au bain à ultrasons à l'aide d'un mélange hexane/acétone (1:1)
- EPA Method 3580 : dilution des rejets (rejets non miscibles à l'eau).

Elle est généralement suivie d'une purification sur colonne de Florisil® (EPA Method 3620) ou de gel de silice (EPA Method 3630).

Les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire, avec détection SM. L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leur spectre de masse en impact électronique avec celui de composés de référence ; la quantification est réalisée en comparant la réponse du pic de plus grande intensité avec celui d'une solution étalon. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences :

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Ils peuvent être éliminés par purification par perméation de gel (méthode EPA 3640) ou par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).

EPA METHOD 8250 (1998) : composés organiques semi-volatils par GC/MS.

Identique à la méthode EPA 8270, utilisant des colonnes remplies au lieu des colonnes capillaires pour la séparation analytique.

EPA METHOD 608 : pesticides organochlorés et PCB's (Méthodes pour l'analyse chimique organique des effluents urbains et industriels – partie 136 - annexe A).

Domaine d'application : La méthode EPA 608 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés, dont le lindane, et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles. La limite de détection est de 4 ng/L.

Principe : Un litre d'eau est extrait en ampoule par du chlorure de méthylène (2 x 60 ml). On remplace ensuite ce solvant par de l'hexane, et l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur ECD. L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leur temps de rétention avec celui de composés de référence ; la quantification est réalisée en comparant la réponse du pic correspondant au temps de rétention du lindane avec celui d'une solution étalon. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences :

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Ils peuvent être éliminés par purification par élution fractionnée sur colonne de Florisil® : les composés présents dans l'extrait sont fixés sur la colonne, et le lindane est élué à l'aide d'un mélange éther éthylique / hexane (6 : 94).
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence de lindane, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par l'intermédiaire du spectre de masse.

EPA METHOD 625 : composés basiques/neutres et acides (EPA SW-846 révision 3, 1996) : méthodes d'essais pour l'évaluation des rejets condensés – méthodes physico-chimiques chapitre 4 : analytes organiques.

Domaine d'application : La méthode EPA 625 est utilisée pour déterminer une liste de 19 pesticides organochlorés, et de 7 mélanges de PCB (composés basiques et neutres) et de 11 phénols et chlorophénols (composés acides) dans des échantillons d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles.

Principe : Un litre d'eau est extrait en ampoule par du chlorure de méthylène de manière séquentielle après différents ajustements de pH. Après concentration, l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse. L'identification des composés est réalisée sur la base de leurs fragments caractéristiques en impact électronique ; la quantification est réalisée en congénères. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences :

- ✓ En plus des interférents classiques, pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité.
- ✓ L'usage de l'ionisation chimique est encouragé en plus de la technique de fractionnement par impact électronique.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement par adsorption**

L'hexachlorocyclohexane (lindane) est fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)

Selon Fabre et al. (2005) l'hexachlorocyclohexane peut être traité par adsorption sur charbon actif. (INERIS, 2007).

Kouras et al. (1998) ont montré que 20 mg.L-1 de charbon actif en poudre sont nécessaires pour réduire une concentration en lindane de 10 μ g.L-1 à 1 μ g. L-1 en 1 heure de temps de contact. (Fabre, et al., 2005).

Un taux de performance de 99% peut être atteint pour l' α -hexachlorocyclohexane avec une alimentation de 10 μ g/l et un charbon actif en poudre de capacité 85 mg/l. (CWW, 2003)

Traitement biologique

La biodégradation du lindane (γ -HCH) en installation de traitement d'eaux usées est favorisée en conditions anaérobies, et très ralentie en conditions aérobie. (INERIS, 2005)

Il en est de même pour le β -HCH (une $\frac{1}{2}$ vie d'environ 7 jours a été observée avec des boues activées acclimatées anaérobies). (HSDB, 2010-b)

Le projet AMPERES montre qu'un rendement supérieur à 70% peut être atteint en utilisant un traitement combiné : décantation primaire, boues activées moyenne charge et biofiltre 1^{er} étage. (Choubert, et al., 2011).

Traitement par technique membranaire

La masse molaire de l'Hexachlorocyclohexane est de 290,8g.mol⁻¹. Sa rétention sur une membrane implique le recours à la nanofiltration ou à l'osmose inverse. Pour une masse molaire supérieure à 230 g.mol⁻¹ on obtient plus de 90 % de rétention en nanofiltration et pour une masse molaire supérieure à 180 g.mol⁻¹ on peut espérer retenir plus de 97 % des molécules en appliquant l'osmose inverse. (Fabre, et al., 2005)

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination du γ -Hexachlorocyclohexane sous influence de l'osmose inverse est de 99 %. (CWW, 2003)

REFERENCES

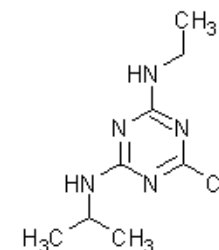
- ANSES** Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observeiroire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_general_e_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.
- Boussahel R, Baudu M et Montiel A** Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.
- Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement** L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.
- CWW** BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.
- ECHA** European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.
- Extoxnet** [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.
- Fabre B, Roth E et Heintz V** Les isomères de l'hexachlorocyclohexane [Rapport]. - [s.l.] : ADEME, 2005.
- Feigenbrugel V.** Devenir atmosphérique des pesticides : distribution entre les différentes phases de l'atmosphère et l'oxydation photochimique [Rapport] : Thèse de doctorat de Physique Chimie / Université Louis Pasteur de Strasbourg. - 2005. - p. 215 pages.
- Fournier J.** Stéréochimie des pesticides [Revue] // Techniques de l'Ingénieur / éd. l'Ingénieur Techniques de. - 10 janvier 2010. - Chimie organique et minérale/ référence 42108210 : Vol. Physique Chimie - Référence T1053. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/sciences-fondamentales-th8/chimie-organique-et-minerale-42108210/stereochimie-des-pesticides-af6817/modes-d-action-de-la-biostereoselectivite-af6817niv10004.html#4.9>. - AF6817.
- g1270** G 1270 - Traitement physico-chimique de la pollution insoluble [Rapport]. - 2002.
- HSDB** Hazardous Substance Data Bank - Alpha-hexachlorocyclohexane [En ligne] // Toxnet. - 2012. - version mise à jour 26/03/2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search>.
- HSDB** Hazardous Substance Data Bank - Beta-hexachlorocyclohexane [En ligne] // Toxnet. - 2010-b. - version 27-04-2010. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~vjT5mX:1>.
- HSDB** Hazardous Substance Data Bank - Lindane [En ligne] // Toxnet. - 2010. - version 07-09-2010. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~QkO758:1>.
- INERIS** Hexachlorocyclohexane [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** Lindane - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - Version n°2 du 1er septembre 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. - 58 pages. - INERIS –DRC-02-25590-02DF43.doc.

- INERIS** Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLe.
- INERIS** RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.
- IPCS** INCHEM - Alpha & Beta hexachlorocyclohexane [En ligne] = Health and Safety Guide n°53 // Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations & Canadian Center for Occupational Health and Environmental Safety (CCOHS) / éd. ILO UNEP - WHO -. - IPCS - International Programme on Chemical Safety, 1991. - Mise à jour du 20/09/2012. - <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg053.htm>.
- Leleu J. et Triolet J.** Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.
- NCBI** PubChem Compounds - alpha-HCH [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - 2012a. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=134975618&loc=es_rss.
- NCBI** PubChem Compounds - beta-HCH [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - 2012b. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?q=all&sid=134975619#ec>.
- NCBI** PubChem Compounds - Lindane [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - 2012g. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=144074906#x27>.
- NIOSH** Fiches de données de sécurité - Hexachlorocyclohexane (mélange d'isomères) [En ligne] // The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / éd. Cards International Program Safety. - 1999. - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfrn/nfrn0487.html>.
- Pojer Kathy R.M.C.** Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.
- RMC agence de l'eau** Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.
- RMC** Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.
- TOXNET** Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

ATRAZINE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales** ²²⁰:

- 1-chloro-3-éthylamino-5-isopropylamino-2,4,6-triazine
- 1-chloro-3-éthylamino-5-isopropylamino-S-triazine
- 2-chloro-4-(2-propylamino)-6-éthylamino-S-triazine
- 2-chloro-4-(éthylamino)-6-(isopropylamino)triazine
- 2-chloro-4-éthylamineisopropylamine-S-triazine
- 2-chloro-4-éthylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine
- 2-chloro-4-éthylamino-6-isopropylamino-S-triazine
- 6-chloro-N-éthyl-N'-(1-méthyléthyl)-1,3,5-triazine-2,4-diamine
- A 361 - Aatrex - Actinite PK - Akticon
- Alazine - Argezin - Atazinax - Atranex
- Atrazine - Atrataf - Atratol A - Atred
- Atrex - Candex - Cekuzina-T - Chromozin
- Crisatrina - Crisazine - Cyazin - Fenamin
- Fenatrol - Fermco atrazine - G 30027 - Gesoprim
- Geigy 30,027 - Griffex - Hungazin - Inakor
- Oleogesaprim - Malermis - Maizina - Pitezin
- Primatol - Primaze - Primitol A - Radizine
- Shell - Simazat - Strazine - Vectal
- Triazine A 1294 - Weedex A - Wonuk - Zeapho
- Zéapos - Zeazine
- autres formulations & préparations ²²¹

Formule semi-développée : C₈ H₁₄ Cl N₅**N° CAS** : 1912-24-9**Formule développée**

Famille :
Pesticide azoté
Triazine
Herbicide
Composés à 1 hétérocycle
Amphétamine

Propriétés physico-chimiques :

- Masse molaire** : 215,69 (Extoxnet, 2012)
Solubilité dans l'eau : 28 mg/l à 20°C (Extoxnet, 2012)
34,7 mg/l à 26°C (PubChem, 2012)
Pression de vapeur : 0,04 mPa à 20°C (Extoxnet, 2012)
2,89 10⁻⁷ mmHg à 25°C (TOXNET, 2012) (PubChem, 2012)
Temps de ½ vie dans le sol : très persistant (Extoxnet, 2012)
de 28 à 90 jours selon le type de sol et le degré d'humidité (TOXNET, 2012)
222 jours sans additifs (TOXNET, 2012)
1,73 jours en présence de 2% d'acides humiques (TOXNET, 2012)
Temps de ½ vie dans l'eau : récalcitrante à la biodégradation sur 96 jours (HSDB, 2012)
Constante de Henry : 2,6*10⁻⁹ atm*m³/mol à 25°C (PubChem, 2012)
Log Kow : 2,61 (PubChem, 2012)
Koc : 26 à 1 164 (TOXNET, 2012)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- L'atrazine technique et les formulations dérivées ne sont pas corrosifs vis-à-vis des équipements et des surfaces métalliques (PubChem, 2012)
- Rapidement hydrolysée en dérivés hydroxylés dans les acides et les bases forts, ou à partir de 70°C en milieu neutre (PubChem, 2012)
- Lorsqu'elle chauffée, l'atrazine se décompose en émettant des fumées toxiques (HCl et oxydes nitreux) (PubChem, 2012)
- L'atrazine est fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)
- Dans l'eau, l'atrazine n'est pas fortement adsorbé aux sédiments (INERIS, 2006)

²²⁰ Liste non exhaustive (plus de 100 dénominations)²²¹ voir : <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/?/temp/-FD7mwN:1>

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

- En milieu aérobie : dééthylatrazine, désopropylidéthylatrazine, 2-chloro-4-hydroxy-6-amino-1,3,5-triazine, acide cyanurique (UM, 2012)

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA : 0,6 µg/L (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA** : 2,0 (Dir. 2008/105/CE)
LQ circ 05/01/09 = 0,03 µg/l **Note** : NQE / LQ compatibles
PNEC eau douce : 0,0006 mg/l²²² (INERIS)

Occurrence de l'atrazine dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés²²³ du secteur 3 est de **0,8 g/j** (54 sites - 276 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

L'atrazine est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3. Elle l'est au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'atrazine de l'ensemble du secteur 3. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux du secteur 3 (75%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur.

Selon ces données (absence de flux supérieur aux seuils), et compte-tenu de leur manque de représentativité, l'atrazine ne peut pas être considérée comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité²²⁴

Adsorption : Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif : L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides, son efficacité vis-à-vis des pesticides est améliorée en combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre.

Coagulation, floculation, décantation : des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%.

Ozonation couplée au peroxyde d'hydrogène : des rendements supérieurs à 80% peuvent être atteints

Traitements complémentaires :

Oxydation par voie humide (OVH) : prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Traitement de finition

Traitement biologique par phytodégradation à l'aide de macrophytes issus de marais (jonc, iris jaune et roseau)

²²² www.ineris.fr/substances/fr/substance/pdf/422

²²³ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

²²⁴ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

Note : interdite dans l'Union Européenne²²⁵, l'atrazine est utilisée en agriculture dans de nombreux pays, dont les USA. En France, elle a été interdite à la commercialisation et à l'utilisation respectivement en septembre 2002 et juin 2003

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC²²⁶ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE²²⁷**
 - L'atrazine est une des substances prioritaires de l'annexe I
 - L'atrazine fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
- **Directive 91/414/CEE²²⁸ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009**
 - l'atrazine est exclue de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²²⁹.
 - L'atrazine n'est pas concernée
- **Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)²³⁰
 - L'atrazine n'est pas concernée
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Skin Sens 1	H317	Sensibilisant pour la peau, cat.de danger 2
STOT SE 2	H373	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Expositions répétées, cat.de danger 2,
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**²³¹
 - L'atrazine n'est pas concernée

²²⁵ Décision 204/141/CE

²²⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

²²⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

²²⁸ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

²²⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

²³⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

²³¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an ²³²
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation ²³³**
 - Annexe 1 : l'atrazine fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,03 µg/l

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

L'atrazine est un herbicide, son utilisation en agriculture est la principale source de contaminations directes de l'environnement. (PubChem, 2012) (TOXNET, 2012)

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse / Production

L'atrazine est produit par réaction entre le chlorure cyanurique et l'éthylamine puis l'isopropylamine en présence d'un catalyseur acide - par déhydrochlorination). (PubChem, 2012)

Utilisation générale

L'atrazine est l'herbicide le plus utilisé, tant aux USA que dans le monde. (TOXNET, 2012) Certaines espèces développent des résistances à cet herbicide. (PubChem, 2012)

L'atrazine est une triazine élective, utilisée pour le traitement des plantes adventices dans les cultures de céréales, canne à sucre, ananas, les sapinières pour sapins de Noël, et diverses cultures et plantations de conifères. L'atrazine est aussi utilisée comme herbicide non sélectif pour l'entretien de terrains industriels et terres en jachères. (Extoxnet, 2012)

L'atrazine est utilisée pour le traitement des plantes telles que le palmier à huile, bananiers, agrumes, caféiers, etc. (TOXNET, 2012), tant avant la germination qu'après l'émergence des végétaux. (PubChem, 2012)

²³² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

²³³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique de l'atrazine dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

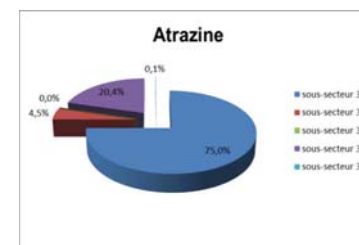
Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés en atrazine du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **78,8 g/j**, (58 sites - 304 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 27 sites (143 mesures - contributeur à **75%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,6 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 8 sites (40 mesures - contributeur à **4,5%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 1 site (6 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (42 mesures - contributeur à **24%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,16 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 8 sites (45 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**.

Répartition des flux en atrazine dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : l'atrazine n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'atrazine de l'ensemble des sous-secteurs. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux d'atrazine du secteur 3 (75%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur.

Rejets industriels**Rejets dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence d'atrazine dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, l'atrazine est détectée dans moins de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Le projet AMPERES a montré que l'atrazine était détectée dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans l'environnement

Globalement, l'atrazine est particulièrement stable dans l'environnement, avec une demi-vie de plusieurs années. (HSDB, 2012)

Compartment atmosphérique

Dans l'atmosphère, l'atrazine est dégradé par réactions photochimiques ; sa ½ vie est estimée à 14 heures. (PubChem, 2012) (TOXNET, 2012)

Dans l'atmosphère, l'atrazine est présente tant à l'état vapeur qu'à l'état particulaire. (TOXNET, 2012)

L'atrazine est transportée dans l'air sur longues distances: on la retrouve à plus de 100 à 300 km des lieux d'application les plus proches. (TOXNET, 2012)

Eau / sédiments

Présence dans les rejets urbains par temps de pluie (Bertrand-Krajewski, 2008) : en 2004, des campagnes de prélèvement de rejets urbains par temps de pluie ont permis de détecter de l'atrazine à des niveaux de l'ordre de 0,03 milligramme par hectare de bassin versant actif en périphérie lyonnaise.

Dans l'eau, l'atrazine a tendance à s'adsorber aux particules en suspension et aux sédiments. (TOXNET, 2012)

L'atrazine est persistante : elle n'est pas biodégradée en 96 jours dans des eaux souterraines naturelles. (PubChem, 2012), elle n'est pas non plus dégradée en 74 et 96 jours dans des expérimentations simulant des eaux souterraines. (TOXNET, 2012)

Dans des sédiments, en anaérobiose et sans ajout de carbone, la ½ vie a été évaluée à 224 jours ; le seul métabolite ultime retrouvé étant de l'hydroxy-atrazine. (PubChem, 2012) (TOXNET, 2012)

Sols

La biodégradation de l'atrazine dans les sols dépend de l'humidité, de la température et du pH. La ½ vie a été mesurée pour différents sols aux USA : (PubChem, 2012) (TOXNET, 2012)

type de sol	sol humide	sol sec
("loam"), Colorado	½ vie : 30 j	½ vie : 90 j
("sandy-loam") sablo-argileux (New-York)	½ vie : 28 j	½ vie : 55 j
"silty-loam" du Mississipi	½ vie : 35 j	½ vie : 78 j

L'atrazine se dégrade 3 à 4 fois plus rapidement dans les sols à 25°C qu'à 10°C ; la dégradation est facilitée à des pH basiques. Les métabolites primaires de la dégradation microbienne sont la déséthylatrazine, la désopropylatrazine alors que la dégradation chimique donne de l'hydroxyatrazine. (PubChem, 2012) (TOXNET, 2012)

L'atrazine est de moyennement à très mobile dans les sols. (TOXNET, 2012)

Le noyau S-triazine est très résistant à la dégradation microbienne (TOXNET, 2012)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles de l'atrazine dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****02 Déchets de l'agriculture, horticulture, aquaculture, sylviculture, chasse, pêche, préparation et transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
 - 02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
 - 02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
 - 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
- 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

- 20 01 19* pesticides

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**Dosage dans les Eaux douces par biocapteurs immunologiques**

(Lagarde, et al., 2010)

L'atrazine peut être quantifiée par la technique des biocapteurs immunologiques :

- détection par marquage, transducteur TIRF, avec une limite de détection de 0,01 à 0,02 µg/l
- détection directe, transducteur EIS, avec une limite de détection de 10 µg/l

Eaux (AQUAREF, 2011)

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner).

Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire

Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement

Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Prétraitement et transport

Flacons de 1 L en verre brun ou en verre transparent protégé par une feuille d'aluminium, non pelliculés et prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchon à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés.

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire.

Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.

Après le prélèvement ajuster à une valeur de pH comprise entre 6 et 9 avec de l'acide minéral (ex : acide chlorhydrique, acide phosphorique...) à 1 mol/L ou de l'hydroxyde de sodium à 1 mol/L (le volume de réactif ajouté doit être négligeable par rapport au volume prélevé).

Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.

Extraire dans les 48 H suivant le prélèvement.

Prétraitement au laboratoire

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse :

- pour la verrerie jaugée : à l'aide d'un agent nettoyant puis au solvant (dichlorométhane, par exemple)
- pour la verrerie non jaugée par calcination à 500°C pendant 8 H

Remise à température ambiante en vue de l'analyse

Si le flacon est complètement rempli, agiter l'échantillon et éliminer la quantité nécessaire à l'ajout du solvant d'extraction (dans le cas d'une extraction liquide/liquide)

Des blancs de verrerie doivent être réalisés

Stockage et conservation

Les échantillons doivent être extraits de préférence dans les 48 H qui suivent le prélèvement.

Les extraits de solvants obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés à 4 ± 2°C pendant 5 jours.

Sensibilité :

NQ/3 atteinte : oui

Chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse en tandem (GC/MS/MS) : atteignable

Chromatographie en phase liquide - détecteur UV (HPLC/UV) : atteignable

Chromatographie en phase gazeuse - détecteur azote/phosphore (GC/NPD) : atteignable

Chromatographie en phase gazeuse haute résolution - spectromètre de masse haute résolution (GC/MS) : atteignable

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX**NF EN ISO 10695 (juin 2000) (Qualité de l'eau)**

Dosage de certains composés organiques azotés et phosphorés sélectionnés

Minéralisation/Extraction**Méthode par chromatographie en phase gazeuse**

- Extraction liquide/liquide applicable aux échantillons d'eaux contenant jusqu'à 0,05 g/l de matières en suspension. En présence de matières organiques, de matières en suspension et de colloïdes, les interférences sont plus nombreuses et les limites de détection peuvent donc être plus élevées.
- Extraction applicable aux échantillons d'eaux contenant des concentrations en masse du composé étudié $\geq 0,05 \mu\text{g/l}$. Les interférences survenant lors de l'analyse de certains types d'eaux de surface peuvent empêcher l'application de cette méthode d'extraction.

Les rendements d'extraction peuvent varier en fonction du type d'eau, de ce fait les rendements du laboratoire doivent être déterminés et contrôlés. Un minimum de trois extractions est nécessaire pour obtenir des rendements satisfaisants, supérieurs à 60%

Analyse

Méthode par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un détecteur azote/phosphore (CG/NPD)

Les analyses doivent être réalisées sur deux colonnes capillaires de polarité différentes. Un spectromètre de masse peut se substituer au détecteur azote/phosphore, auquel cas, une seule colonne capillaire est nécessaire.

Sensibilité (LQ usuelles)

Par extraction liquide/liquide : NQ/3 atteinte

GC/NPD : 0,02 $\mu\text{g/L}$ (LQ couramment constatées)

GC/TSD : 0,02 $\mu\text{g/L}$ (LQ couramment constatées)

GC/MS/MS : 0,02 $\mu\text{g/L}$ (LQ couramment constatées)

Par extraction solide/liquide : NQ/3 atteinte

GC/MS : 0,03 $\mu\text{g/L}$ (LQ couramment constatées)

GC/TSD : 0,02 $\mu\text{g/L}$ (LQ couramment constatées)

EPA - Méthode 1699 (Décembre 2007)**Minéralisation/Extraction**

Pesticides dans l'eau, le sol, les sédiments, les biosolides et les tissus par chromatographie gazeuse haute résolution couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (GC/MS)

Extractions possibles :

- Extraction liquide/liquide à pH neutre, au dichlorométhane, en ampoule à décanter
- Extraction liquide-liquide en continu
- Extraction sur phase solide

Purification sur colonne SPE (solid phase extraction) aminopropyl, suivie d'une purification sur silice et pouvant être complétée par une purification sur une autre colonne SPE et / ou par perméation de gel. Concentration : au Kuderna-Danish ou à l'évaporateur rotatif puis sous flux d'azote

Analyse

Analyse par chromatographie gazeuse haute résolution couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (GC/HRMS) en étalonnage interne avec des étalons marqués

Sensibilité

LQ usuelles : 0.080 $\mu\text{g/L}$ (Limites de quantification issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : oui

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

(voir fiches correspondantes)

Traitement par adsorption sur charbon actif

Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci. Ce phénomène diminue l'efficacité des charbons et oblige les utilisateurs à de fréquentes régénérations de ceux-ci. (Gendrault-Derveaux, 2007)

Un taux de performance de 99% peut être atteint pour l'atrazine pour un traitement par charbon actif en poudre (CWW, 2003).

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif (Gendrault-Derveaux, 2007)

L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides ; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Traitement par coagulation, floculation, décantation (Degrémont, 2005)

Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés. Selon Degrémont, des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%.

Traitement biologique**Traitement par boues activées avec aération prolongée** (Choubert, et al., 2011)

Le rendement d'élimination de l'atrazine par les boues activées avec aération prolongée est inférieur à 30%.

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que l'atrazine était retrouvée dans moins de 30% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,001 à 0,1 mg/kg de boues.

Des études ont montré qu'un type de communauté bactérienne capable de minéraliser l'atrazine dans les eaux usées pourrait être utilisée dans le cadre d'un procédé de traitement des eaux, au sein d'une station d'épuration (Yanze-Kontchou et Gschwind, 1999) dans (Gendrault-Derveaux, 2007)

Ozonation

Sous l'effet de l'ozonation, une réduction de 80% de l'atrazine présente initialement à une concentration de 5 µg/l l'atrazine subit une déalkylation pour former de la deséthyleatrazine (DEA) (Gendrault-Derveaux, 2007)

Oxydation au peroxyde d'hydrogène (Gendrault-Derveaux, 2007) : le couplage de l'oxydation au peroxyde d'hydrogène et de l'ozonation permet d'éliminer 90% de l'atrazine avec des taux d'ozonation de l'ordre de 3 mg/l d'O₃. L'efficacité de ce traitement dépend de la dose de H₂O₂ utilisée et l'élimination de l'atrazine serait optimale à partir d'un rapport massique O₃/H₂O₂ de 2,5. Selon ces mêmes sources la combinaison O₃/ H₂O₂ à des rapports massiques de l'ordre de 4, avec une dose initiale d'ozone d'environ 2 mg/l permettrait un abattement de l'atrazine de 80%.

Pour une dose d'ozone de 2 mg/l, l'élimination de l'atrazine peut atteindre 46% pour une concentration initiale de 370 µg/l. L'élimination s'élève à 75% en présence de peroxyde d'hydrogène ajouté dans un rapport H₂O₂/O₃ de 0,4 g/l.

Sous-produits générés

Selon (Degrémont, 2005) une attention particulière doit être apportée aux caractéristiques des sous-produits générés car ils peuvent être tout aussi indésirables que le produit de départ. Le cas des pesticides de type triazines (atrazine, simazine) est cité. En effet ces pesticides dont le cycle formé par les trois atomes d'azote n'est pas coupé par une oxydation conventionnelle (ozone, ozone plus peroxyde) mais conduit à partir d'atrazine par exemple à la formation de déséthyl- ou désiso-propylamine, d'où l'interdiction du procédé Perozone (O₃ + H₂O₂) en France pour traiter les eaux contenant des pesticides.

Traitement membranaire

Selon l'US EPA, l'osmose inverse a été utilisée avec succès pour éliminer l'atrazine et ses métabolites de l'eau potable. (EPA, 1989)

D'après Gaid et Ravarini, 1996 dans (Gendrault-Derveaux, 2007) la nanofiltration permet d'atteindre des taux d'abattement supérieurs à 80%

TI IN 119 septembre 2010 - Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique**Immuncapteurs**

Les anticorps ou immunoglobulines (Ig) sont les protéines du système immunitaire. Elles se forment généralement en réponse à l'agression d'un organisme par un toxique, une protéine étrangère ou une bactérie qui constitue l'antigène de cet anticorps. Il existe des anticorps polyclonaux et des anticorps monoclonaux. Les anticorps polyclonaux sont constitués de protéines dirigées contre le même antigène mais peuvent cibler des sites différents (épitopes), alors que les anticorps monoclonaux sont dirigés contre un seul et même épitope de l'antigène.

Les principales méthodes utilisées dans les immuncapteurs sont :

- soit des méthodes de détection directe de la formation du complexe antigène-anticorps (mesure de la modification des propriétés électriques par spectroscopie d'impédance électrochimique, mesure de la modification des propriétés optiques par résonance plasmonique de surface) ;
- soit des méthodes par marquage de l'antigène fixé par un anticorps marqué par une enzyme conduisant, soit à des produits colorés ou fluorescents (transducteur optique), soit à des produits électroactifs (transducteur électrochimique).

Le tableau 2 présente quelques exemples d'immuncapteurs développés pour la détection de polluants aquatiques.

Tableau 2 – Exemples de biocapteurs immunologiques pour la détection de polluants chimiques				
Polluant	Mode de détection	Transducteur	Limite de détection	Référence
Pesticides (propanil, atrazine, isoproturon)	Marquage	TIRF	0,01-0,02 µg/L	[11]
Chlorpyrifos	Marquage	SPR	54-64 ng/L	[30]
DDT et produits dérivés	Marquage	SPR	15 ng/L	[31]
Atrazine	Direct	EIS	10 ng/mL	[32]
Acide 2,4-dichlorophenoxyacétique	Direct	Ampérométrique	0,1 µg/L	[33]
Testostérone	Marquage	TIRF	Sub ng/L	[34]
Bisphénol A	Direct	SPR	0,4 µg/L	[35]
	Marquage	TIRF	0,008 µg/L	[11]
Nonylphénols	Direct	Ampérométrique	10 µg/L	[36]

Biodégradation : (Extoxnet, 2012)

L'atrazine est peu soluble dans l'eau. En milieu aqueux, l'hydrolyse chimique suivie de biodégradation doit être la principale voie de disparition de l'atrazine. L'hydrolyse, rapide en milieu acide ou basique, est lente en milieu neutre.

REFERENCES

AQUAREF Atrazine - Substances de la Directive Cadre Eau [En ligne] // AQUAREF. - 2011. - Version du 14/03/2011. - <http://www.aquaref.fr>.

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Boussahel R, Baudu M et Montiel A Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003. - Version de février 2003.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

EPA Methods for the determination of organic compounds in drinking water [Rapport]. - Cincinnati : [s.n.], 1989.

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

Gendrault-Derveaux Sophie Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine [Thèse]. - 2007. - p. 236.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Atrazine [En ligne] // Toxnet / éd. Medicine National Library of. - 2012. - version du 26-04-2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+1912-24-9>.

INERIS Benzène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLé.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence T1958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem Atrazine [En ligne] // PubChem Compounds. - NCBI, 2012. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=135269709&loc=es_rss.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

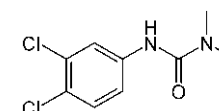
TOXNET Atrazine [En ligne] // Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases. - TOXNET - Toxicology Data Network, 2012. - Mise à jour du 26/04/2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~FD7mwN:1>.

UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - Universitit of Minnesota, 2012. - <http://umbdd.ethz.ch/index.html>.

DIURON

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales²³⁴ :**

- 1-(3,4-dichlorophényl)-3,3-diméthylurée
 - N-(3,4-dichlorophényl)-N,N-diméthylurée
 - 3-(3,4-dichlorophényl)-1,1-diméthylurée
- | | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|------------------|
| - AF 101 | - Crisuron | - Cekiuron | - DCMU |
| - Diater | - Di-on | - Direx | - Diurex |
| - DMU | - Dailon | - Diater | - Drexel |
| - Dichlorfenidim | - Dynex | - Diurol | - Duran |
| - Farmco diuron | - Krovar | - Karmex | - Karamex |
| - Marmer | - Sup'r flo | - Telvar | - Tigrex |
| - Unidron | - Ureabor | - Unidron | - Urox |
| - USAF | - Vonduron | - Novax Flo 80 | |

Formule développée**Familles :**

- Pesticide azoté**
- Pesticides**
- Herbicide systémique**
- Urée substituée**

Formule semi-développée : C₉H₁₀Cl₂N₂O**N° CAS :** 330-54-1**Propriétés physico-chimiques :**

- Masse molaire** : 233,10 (Extoxnet, 2012) 233,09 (HSDB, 2011)
- Solubilité dans l'eau** : 42 mg/l à 25°C (HSDB, 2011) (Extoxnet, 2012)
- Pression de vapeur** : 6,9*10⁻⁸ mmHg à 25°C (HSDB, 2011)
0,41 mPa à 50°C (Extoxnet, 2012)
- Point éclair** : - -
- Temps de ½ vie dans le sol** : environ 330 j (persistant) (HSDB, 2011)
100 - 134 j en plein champ (INERIS, 2007-d)
- Temps de ½ vie dans l'eau de surface** : - -
- Constante de Henry** : 5,0X10⁻¹⁰ atm*m³/mol at 25°C (HSDB, 2011)
- Log Kow** : 2,68 (HSDB, 2011)
- Koc** : - -

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Le diuron est stable à l'oxydation et à l'humidité dans des conditions normales (HSDB, 2011)
- Non corrosif (HSDB, 2011)
- Hydrolysé par les acides et les bases, réagit avec les acides forts (HSDB, 2011)
- A la chaleur, l'hydrolyse se produit à partir de 180-190°C (HSDB, 2011)
- Le traitement à des températures élevées (180°C-190°C) par des acides ou des bases produit de la diéthylamine et de la 3,4-dichloroaniline (HSDB, 2011)
- Lorsqu'il est chauffé, le diuron se décompose en émettant des fumées très toxiques : de la diméthylamine et du 3,4-dichlorophényl isocyanate ainsi que du chlore et des oxydes d'azote (HSDB, 2011)
- Peut brûler mais n'est pas rapidement inflammable (HSDB, 2011)
- Le diuron est fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

- En conditions aérobies** ; 3,4-dichloroaniline, 3-(3,4-dichlorophényl)urée et 3-(3,4-dichlorophényl)-1-méthylurée (HSDB, 2011)
- En conditions anaérobies** : 3-(3-chlorophényl)-1,1-diméthylurée (HSDB, 2011)

²³⁴ Liste non exhaustive

Impuretés :

3,3',4,4'-tétrachloroazobenzène (TCAB), de 9 à 1 400 µg/g (HSDB, 2011)

Du 3,3',4,4'-tétrachloroazobenzène (TCAB) avec des teneurs mesurées entre 0,15 et 28 ppm et du 3,3',4,4'-tétrachloroazoxybenzène (TCAOB) avec des teneurs inférieures à 0,15 ppm (INERIS, 2007-d)

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA²³⁵ : 0,6 µg/L (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA**²³⁶ : 1,8 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 0,05 µg/l **Note** : NQE / LQ compatibles

PNEC eau douce : 0,0002 mg/l²³⁷

Occurrence du diuron dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés²³⁸ du secteur 3 est de **57 g/j** (123 sites - 612 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance - 1 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets :

Le diuron est analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.1. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les sous-secteurs 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des différents sous secteurs au flux global de diuron du secteur 3.

Selon ces données, malgré leur manque de représentativité globale - compte-tenu des flux supérieurs aux seuils, **le diuron est une substance d'intérêt pour le sous-secteur 3.1** (regroupement et traitement des Déchets Dangereux). Le flux de 57 g/j fait qu'il n'est pas dans les cinq premières substances d'intérêt pour ce sous secteur.

Traitabilité²³⁹

Adsorption : Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci. Ce phénomène diminue l'efficacité des charbons et oblige les utilisateurs à de fréquentes régénérations.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif : L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Coagulation, floculation, décantation : Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés. Selon Degrémont, des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%. (Degrémont, 2005)

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Traitement par technique membranaires : nanofiltration (traitement complémentaire CAG)

Traitement à l'ozone : Le procédé d'oxydation avancé électro-fenton a montré son efficacité dans le traitement de solution aqueuse contenant du Diuron (Crini, et al., 2007)

²³⁵ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

²³⁶ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

²³⁷ www.ineris.fr/substances/fr/substance/pdf/881

²³⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

²³⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC**²⁴⁰ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE²⁴¹
 - Le diuron est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - Le diuron fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
 - En France, il fait l'objet d'un retrait du marché et d'un retrait d'usage ayant pris effet au plus tard le 31 décembre 2008.
- **Directive 91/414/CEE**²⁴² relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009
 - Le diuron fait partie de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée (JO du 01/10/08)
- **Arrêté** du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)²⁴³
 - Le diuron n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²⁴⁴.
 - Le diuron n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Cancérogénicité, cat.de danger 2
Acute. Tox. 4	H302	nocif par ingestion, cat. de danger 4
STOT RE 2	H373	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition répétée, cat.de danger 2, Risques présumés d'effets graves Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**²⁴⁵
 - Le diuron n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an²⁴⁶

²⁴⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

²⁴¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

²⁴² http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

²⁴³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

²⁴⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

²⁴⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**²⁴⁷
 - Annexe 1 : le diuron fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (*en italique*)
 - 3.4 - Lavage de citernes (*en italique*)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (*en italique*)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,05 µg/l

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Production naturelle

Le diuron est une molécule de synthèse qui n'existe pas à l'état naturel.

Production anthropique involontaire

L'utilisation du diuron pour le traitement des cultures est la cause essentielle de sa présence dans l'environnement. (HSDB, 2011)

L'utilisation de formulations de pesticides contenant du diuron pour l'entretien des espaces verts, allées, trottoirs, pépinières, terrains de golf, voies ferrées, etc. (désherbage - débroussaillage) est à l'origine d'émission de la substance dans l'environnement. Parmi les spécialités commerciales concernées en France, toutes formulations confondues, on trouve (INERIS, 2007-d):

- Amok ([Cerexagri](#))
- Arlen, Decap'herb PJT, Granusol 725, Herbamide, Jardiflow, triasol allées, Phreax SID, Subway, Amigo, Sago TR, Glaive, Herbivil EV([Nufarm](#))
- Glifuron, Tradianol DA 240/480, Tradinol DAT 659, Tradinol DAT ([Tradi-Agri](#))
- D-Zerban 480 ([CP Chimie](#))
- Donjon ([Phylagro France](#))
- Glyphosop, Millésime EV, Sahara EV ([BHS](#))
- Remuron Pro ([Aseptan Agro](#))
- Suzattila, Suzater 30NN, Suzatol ([Produits de France - Suza](#))
- Beretta, No-Herb 2000 ([Certified Lab](#))
- Extragri EL 3, Tamrok Pro 2 ([Phyteurop](#))
- Hertel AD, Hertog G4, Tersol AD, Tersol allée ([PFC](#))
- Mitchell GD 450, Mitchell 480 ([Proveto Seralp](#))
- Néon ([Chemsearch](#))
- Occi total herbes, Occi Total Herbes Pro ([Logissain](#))
- Butazol ([Cimelak EV](#))
- Canyon ([Bayer Espaces Verts](#))
- Herbatak plus, Likid allées ([Scotts France SAS](#))

²⁴⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

²⁴⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

- Agri Total ([Evadis](#))
- Azural Plus ([Monsanto](#))
- Nomix TH20 ([N2N Enviro](#))
- Savana 2000 ([National ChemSearch](#))
- Trevisimo ([Alvsta LifeScience SAS](#))
- Elegia, Dirimal, Quintet ([Dow Agro Sciences](#))
- Compo désherbant PJT ([Compo France SAS](#))

Les principales contaminations sont limitées aux zones d'utilisation du diuron et, dans une moindre mesure, à ses zones de stockage. (INERIS, 2007-d)

Le diuron est rejeté dans l'environnement suite à son usage en tant qu'herbicide. Néanmoins sa particularité réside dans une utilisation principalement dédiée au traitement de voiries. Les rejets sont générés par trois principaux types d'acteurs : les agriculteurs, les particuliers et les services techniques (espaces verts publics, voiries et voies ferrées). Les rejets sont donc multiples et répartis sur l'ensemble du territoire national. La plus forte présence de surfaces imperméables en milieu urbain, ainsi que l'importance du drainage direct sans infiltration dans le sol accroît le risque de ruissellement des pesticides. Ainsi, selon le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (non publié) sur les rejets de 24 stations d'épuration urbaines, du diuron a été identifié dans 6 rejets (soit 25%). Là où le diuron est quantifié, on attribue ces quantités à un usage de type «jardin amateurs» et «entretien urbain». Après son application, cette substance se retrouve majoritairement dans le compartiment aquatique. (INERIS, 2007-d)

Dans une optique de protection du milieu aquatique il convient de souligner la grande vulnérabilité aux herbicides de certaines zones traitées : les berges des cours d'eau, lacs et les fossés en liaison directe avec les cours d'eau, lacs. L'existence de ces cas particuliers est liée à la proximité des zones traitées avec les eaux de surface. Le transfert du diuron aux eaux de surface est d'ailleurs encouragé par l'imperméabilisation de ces zones (goudronnage, endigage, ...). (INERIS, 2007-d)

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse / Production

Globalement, le diuron est préparé par la réaction d'un phényl-isocyanate mono- ou di- substitué avec du diméthylamine ou du méthyléthylamine la réaction amine / isocyanate est accélérée en présence d'un solvant inerte comme le toluène, l'anisole, le benzène, le chlorobenzène ou le dioxane. La réaction ne nécessite pas de catalyseur, et comme elle est exothermique, elle ne nécessite pas de chauffage. Trois recristallisations successives dans de l'éthanol absolu permettent de purifier la substance. (HSDB, 2011)

En particulier, le diuron peut être préparé en faisant réagir du 3,4-dichlorophényl isocyanate avec de la diméthylamine. (HSDB, 2011)

Utilisation générale

Le diuron est un herbicide de la famille chimique des urées substituées²⁴⁸. (INERIS, 2007-d)

Le diuron est un inhibiteur de la photosynthèse végétale. (HSDB, 2011)

Le diuron est un pesticide à urée substituée utilisé pour le contrôle d'un grand nombre de plantes herbacées, de plantes à larges feuilles annuelles et pérennes, ainsi que des mousses. Il est utilisé dans de nombreuses cultures telles que les fruits, le coton, la canne à sucre, l'alfalfa, et le blé, (Extoxnet, 2012), la vigne, les asperges, le thé, les agrumes, les olives, les bananes, la menthe poivrée, les cultures fourragères, diverses céréales, et autres cultures. (HSDB, 2011)

En France, **jusqu'en 2003, le diuron a été utilisé seul** (sans association d'autre substance active) notamment sur les **cultures d'arbres fruitiers** (poiriers, cognassiers, pommiers...) ou de légumes. La réglementation française (Journal Officiel du 5 avril 2002) a retiré l'autorisation de mise sur le marché aux produits phytopharmaceutiques contenant du diuron non associé à d'autres substances actives, pour tous les usages agricoles, à l'exception du désherbage des lentilles, de la canne à sucre, de la banane et de l'ananas. De plus, la réglementation (Journal Officiel du 19 mai 2002) interdit l'utilisation des produits phytopharmaceutiques contenant du diuron, en utilisation non agricole, entre le 1^{er} novembre et le 1^{er} mars. (INERIS, 2007-d)

D'autres usages du diuron sont identifiés : l'entretien des voiries et espaces verts. , et, dans une moindre mesure l'usage en tant qu'agent antisalissures et en tant qu'algicide dans le secteur de la construction. (INERIS, 2007-d)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation du diuron dans les procédés des industries du secteur 3 (entretien des espaces verts par exemple) est peu probable compte-tenu de la spécificité de ses applications agricoles.

L'emploi du diuron dans les process des industries du secteur des déchets n'est pas documenté dans les références consultées.

²⁴⁸ L'urée ou carbamide (DCI) est un composé organique de formule chimique CON_2H_4

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

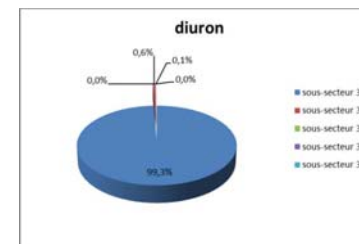
PRESENCE DANS LES EFFLUENTS DES INDUSTRIES DU SECTEUR DES DECHETS :

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de diuron du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **57 g/j** (123 sites - 612 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance - 1 flux supérieur au seuil réduction).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 2 sites (170 mesures - contributeur à **99,3%** au flux du secteur 3) 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **56,6 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 65 sites (327 mesures - contributeur à **0,6%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils; Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,3 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 1 site (6 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (42 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3). 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 13 sites (67 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,02g/j**

Répartition des flux en diuron dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le diuron est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.1, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de diuron de l'ensemble des sous-secteurs, et à tout le moins limitent la représentativité de la contribution du sous-secteur 3.1 aux flux du secteur 3 (99,3%).

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Une partie des rejets urbains de diuron est récupérée par le réseau d'eaux pluviales qui peut être partiellement traité. Pour une efficacité maximale, ce traitement peut consister en un passage sur des filtres à charbon actif. (INERIS, 2007-d)

Le projet AMPERES a montré que le diuron était détectée dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de diuron dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le diuron est détecté dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Autres types de rejets industriels :

Aucun rejet dans l'environnement n'a été rapporté lors de la fabrication du diuron (on notera qu'aucun site de production n'a été identifié en France). Néanmoins, il pourrait s'avérer nécessaire de surveiller les sites de stockage de cette substance. Selon le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (2005), le diuron a été quantifié dans moins de 10% des rejets et points amont sur un total de 157 établissements industriels et 8 points amont. Néanmoins, là où le diuron est quantifié, on ne peut pas attribuer ces quantités à un usage de type industriel mais plutôt à l'usage de cette substance en tant qu'herbicide pour l'entretien des sites et locaux. (INERIS, 2007-d)

Présence dans l'environnement

Compartment atmosphérique

Le diuron est peu volatil, ainsi, selon il est peu probable que le diuron se disperse dans l'air, se volatilise après le traitement des sols ou depuis les eaux de surface. La pollution atmosphérique semble donc être une voie d'apport vers les milieux aquatiques très mineure. (INERIS, 2007-d)

Dans l'atmosphère, le diuron est présent uniquement en phase particulaire (INERIS, 2007-d)

Des campagnes de mesures réalisées en France en avril-mai 1993 et juin-juillet 1994 ont permis de détecter le diuron : ²⁴⁹ (HSDB, 2011) :

zone urbaine : Strasbourg : de 870 à 5 850 pg/m³ (2 049 pg/m³ en moyenne)

zone rurale : Aubure (Vosges) : de non détectable à 1 600 pg/m³ (524 pg/m³ en moyenne)

Périphérie de Colmar : de non détect. à 12 800 pg/m³ (3 214 pg/m³ en moyenne)

Le diuron circule dans l'atmosphère uniquement sous forme particulaire, il se redépose au sol par voie humide ou sèche. (HSDB, 2011)

Dans des échantillons d'eau de pluie collectés en Flandre sur plusieurs années, le diuron a été détecté dans 10% des échantillons en 1998, avec une concentration maximale de 6 400 ng/l ; dans 10% des échantillons en 2000, avec un maximum de 1 400 ng/l ; et dans 18% des échantillons en 2001, avec une concentration maximale de 11 000 ng/l. (HSDB, 2011)²⁵⁰

²⁴⁹ Sanusi A et al; Atmos Environ 33: 4941-51 (1999)]

²⁵⁰ Quaghebeur D et al; J Environ Monit 6: 182-90 (2004)]

Eau

Après son application, le diuron se retrouve majoritairement dans le compartiment aquatique. Il est entraîné aussi bien dans les eaux de surface par ruissellement que dans les eaux souterraines par lessivage des sols (INERIS, 2007-d)

La dégradation microbienne est la voie principale de dissipation du diuron présent dans les environnements aquatiques. (INERIS, 2007-d)

Présence dans les rejets urbains par temps de pluie (Bertrand-Krajewski, 2008) : En 2004, des campagnes de prélèvement de rejets urbains par temps de pluie ont permis de détecter du diuron à des niveaux de l'ordre du milligramme par hectare de bassin versant actif.

Le diuron est relativement stable dans les eaux à pH neutre. Les microorganismes sont les premiers agents de la dégradation du diuron dans l'environnement aquatique. (Extoxnet, 2012)

La contamination des eaux souterraines en diuron présente un effet retard pouvant s'étaler jusqu'à plus de cinq ans en fonction des conditions du milieu. (INERIS, 2007-d)

Dans l'eau, le diuron a tendance à s'adsorber sur la matière en suspension et sur le sédiment. (HSDB, 2011)

Sols /sédiments

Dans les sols, le diuron est modérément à fortement persistant. La demi-vie des résidus du diuron va de 1 mois à 1 an. Dans le sol de certaines plantations d'ananas on retrouve des traces diuron plus de 3 ans après la dernière application. (Extoxnet, 2012)

Le diuron persiste dans les sols et, peu mobile, reste dans les 5 à 10 cm de surface. (HSDB, 2011)

Le diuron a une tendance relativement faible à l'adsorption sur les sols et les sédiments (INERIS, 2007-d)

La dégradation microbienne est la première voie de dissipation du diuron dans les sols (INERIS, 2007-d) Dans le sol, les métabolites du diuron sont moins mobiles que le diuron lui-même. (Extoxnet, 2012)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du diuron dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.

02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche

02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses

02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses

02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
- 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 19* pesticides

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (AQUAREF, 2011)

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Utiliser un dispositif en verre ou en acier inoxydable

Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire

Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement

Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en oeuvre (blanc de flaconnage)

Prétraitement et transport

Flacons de 1 L en verre brun non pelliculés et prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchons à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés.

Remplir les flacons à ras bord destinés au laboratoire

Transporter à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H

Extraire dès que possible après le prélèvement.

Prétraitement au laboratoire

Remise à température ambiante de l'échantillon en vue de l'analyse.

Si le flacon est complètement rempli, agiter l'échantillon et éliminer la quantité nécessaire à l'ajout du solvant d'extraction.

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse: au solvant pour la verrerie jaugée (dichlorométhane, par exemple) et à 200°C pendant 12 H pour la verrerie non jaugée.

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Stockage et conservation

Les échantillons peuvent être conservés à 4 ± 2°C, mais pour une durée inférieure à 7 jours.

Les extraits en solvants séchés, obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés entre à 4 ± 2°C pendant 2 mois maximum.

Sensibilité :

NQ/3 atteinte : oui

Chromatographie en phase liquide haute performance couplée à un spectromètre de masse en ionisation positive (HPLC/MS-EI) atteignable

Chromatographie en phase liquide haute performance avec détection UV (HPLC/UV) : atteignable

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX**U.S. Geological Survey National Water Quality Laboratory - (2001) Water - Test method 2060-1 : Dosage de pesticides dans l'eau en chromatographie liquide haute performance avec détection par spectrométrie de masse - Extraction liquide-solide sur carbone graphité**LQ usuelles [$\mu\text{g/L}$] :

- 0,005 (Limites analytiques issues du domaine d'application de la norme)
- 0,025 (LQ couramment constatées)

NQ/3 atteinte : oui

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES**Méthode EPA 632 : Méthode en chromatographie liquide haute performance / détection UV pour le dosage du diuron dans les eaux de rejet industrielles et municipales**

Domaine d'application : Cette méthode s'applique au dosage de composés (dont le diuron). Elle est destinée aux eaux provenant de rejets urbains ou industriels.

Sensibilité : La limite de détection est de 0,009 $\mu\text{g/l}$.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits ou stratégies de substitution du diuron**

Pour atteindre le bon état écologique des eaux vis à vis du diuron en 2015, la méthodologie la plus efficace nous [INERIS] apparaît être, non pas dans le traitement des rejets, mais plutôt dans la suppression ou la diminution de l'utilisation de cette substance (donc la suppression des rejets). En effet, au-delà de la question du diuron, la substitution d'une substance par d'autres produits phytosanitaires continue d'engendrer des problèmes environnementaux même si ceux-ci sont minimisés (INERIS, 2007-d)

Il semble difficile de trouver un produit de substitution idéal pour remplacer le diuron. En effet, **l'aminotriazole et le glyphosate ont été proposés** et / ou utilisés en remplacement du diuron en milieu urbain **mais ces deux substances sont également identifiées comme dangereuses pour l'environnement**. Néanmoins, pratique par pratique, des traitements équivalents peuvent être proposés : les correspondances sont listées, par exemple, dans l'index phytosanitaire (publication ACTA). Une solution alternative à l'usage de produits phytosanitaires réside dans l'utilisation de procédés ayant un impact plus faible sur les environnements (désherbage manuel, thermique, mécanique, ou absence de désherbage). Ce type de solution peut notamment être envisagé dans le cadre du plan de réduction des risques liés aux pesticides en France. (INERIS, 2007-d)

Alternatives non-agricoles au diuron

Le désherbage thermique est adapté au traitement de toutes les surfaces minérales (caniveaux, trottoirs, ballasts, ...). Au sein de ce procédé générique qui utilise la chaleur pour détruire les végétaux et les graines du sol, on distingue deux méthodes suivant la source de chaleur : le désherbage thermique au gaz et le désherbage thermique à la vapeur d'eau. Dans tous les cas, le désherbage thermique nécessite au moins quatre passages par an. (INERIS, 2007-d)

Le paillage (ou mulching) des massifs permet de limiter la pousse des végétaux indésirables par absence de lumière, et de ce fait, de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires. De plus cette technique permet de mieux conserver l'humidité en freinant l'évaporation du sol. (INERIS, 2007-d)

L'utilisation de plantes couvre-sol permet de limiter la pousse de végétaux indésirables ; il est possible d'utiliser des plantes vivaces (INERIS, 2007-d)

Le désherbage mécanique des surfaces stabilisées et sablées se fait à l'aide de systèmes de râteau ou de herse rotative. Il en existe différents modèles adaptables au porte-outil ou au tracteur (microtracteur). Pour les caniveaux, trottoirs..., le désherbage s'effectue grâce à des brosses rotatives sur porte-outil ou automotrices. (INERIS, 2007-d)

Autres techniques de gestion des zones enherbées qui n'impliquent pas forcément la destruction totale des herbes : le fauchage, tonte (bordures de routes, inter-rangs agricoles, ...), le travail du sol (bordures de routes, inter-rangs agricoles, ...). (INERIS, 2007-d)

Traitement des milieux pollués

Les multiples sources de rejets de diuron à l'échelle nationale limitent les possibilités de réduction des rejets par traitement spécifique des effluents contaminés. Ainsi, l'essentiel des possibilités de réduction des rejets passe par la réduction ou de meilleures conditions pour l'utilisation de la substance et/ou sa substitution. (INERIS, 2007-d)

Traitement par adsorption sur charbon actif

Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci (MONTIEL et WELTE, 1997). Ce phénomène diminue l'efficacité des charbons et oblige les utilisateurs à de fréquentes régénérations de ceux-ci.

Plusieurs sociétés spécialisées indiquent que le diuron présente une très grande probabilité d'être efficacement adsorbé sur le charbon actif. Cependant, ces techniques ont un coût et ne sont pas adaptées aux stations de traitement des eaux de petites tailles. (INERIS, 2007-d)

Traitement par Coagulation, floculation, décantation

Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés. Selon Degrémont, des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%. (Degrémont, 2005)

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif

L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides (DUGUET *et al.*, 1993) dans (Boussahel, *et al.*, 2002) ; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Traitement par les stations d'épurations urbaines**Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques** (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du diuron est d'environ 20% en sortie de STEP.

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du diuron par les boues activées avec aération prolongée est inférieur à 30%.

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que le diuron était retrouvé dans 30 à 70% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,1 à 1 mg/kg de boues.

Traitement membranaire

Une étude a permis d'évaluer les capacités et l'influence de la matière organiques de deux membranes de nanofiltration à éliminer certains pesticides, dont le diuron. Selon l'étude la nanofiltration n'élimine pas totalement les pesticides étudiés notamment le diuron. Il est donc préconisé de l'associer à un autre procédé de traitement tel que la filtration sur CAG afin de garantir une eau de qualité respectant les normes. Une telle association serait bénéfique pour une chaîne de traitement, car la nanofiltration peut protéger un filtre CAG vis-à-vis des matières organiques naturelles et prolonger sa durée de vie.

Traitement à l'ozone

Le procédé d'oxydation avancé électro-fenton a montré son efficacité dans le traitement de solution aqueuse contenant du Diuron (Crini, et al., 2007).

REFERENCES

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Diuron [En ligne] // AQUAREF. - 2011. - <http://www.aquaref.fr>.

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Boussahel R, Baudu M et Montiel A Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.

BREF LVOC Chimie Organique: Stripping à l'air [Ouvrage].

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Extoxnet [En ligne] // The EXTension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Diuron [En ligne] // Toxnet. - 2011. - version du 01/04/2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

INERIS Benzène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>.

INERIS Diuron - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - 2007-d. - mise à jour le 05/03/2007. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 33 pages. - DRC-07-86334-03507A.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BLE.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

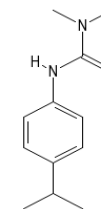
RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - Universtit of Minnesota, 2012. - <http://umbbd.ethz.ch/index.html>.

ISOPROTURON

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales²⁵¹ :**

- | | | |
|--|------------|--------------------|
| - 3-(4-isopropylphényl)-1,1-diméthylurée | | |
| - n,n-diméthyl-n'-[4-(1-méthyléthyl)phényl]-urée | | |
| - Arelon dispersion | - Augur | - Calipuron |
| - IP Flo | - Ipuron | -- Isoproturée |
| - Isofar | - Isosun | - Madit dispersion |
| - Matara | - Matin EL | - Navratna |
| - Prosan | - Protorex | - Protugan |
| - Quintil | - Strong | - Topiso |

Formule développée

Famille :
Pesticides azotés
Urées substituées

Noms commerciaux : nombreux - voir (INERIS, 2007)

Formule semi-développée : C₁₂ H₁₈ N₂O

N° CAS : 34123-59-6

Propriétés physico-chimiques :

- Masse molaire :** 206,28 g/mol (Feigenbrugel, 2005)
- Solubilité dans l'eau :** 70 mg/L (AGRITOX, 2009) 65 mg/l à 22°C (Feigenbrugel, 2005)
- Pression de vapeur :** 3,3 µPa à 20°C (AGRITOX, 2009)
- Temps de ½ vie dans le sol :** de 13 j à 19 j suivant les températures et les sols (AGRITOX, 2009)
en anaérobiose : >1 000 j à 20°C, pH 6,7 dans un sol sablo-limoneux (AGRITOX, 2009)
- Temps de ½ vie dans l'eau de surface :** l'hydrolyse est plus ou moins lente en fonction du pH :
1 210 j à pH5 ; 1 560 j à pH7 ; 540j à pH9 (AGRITOX, 2009)
- Constante de Henry :** 9,7 10⁻⁶ Pa*m³/mol (AGRITOX, 2009)
14,6 10⁻⁶ Pa*m³/mol (AGRITOX, 2009)
- Log Kow :** 2,5 à 22°C et à pH7 (AGRITOX, 2009)
- Koc :** 122 ml/g [36 - 241] (AGRITOX, 2009)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

L'isoproturon est fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)

Métabolites connus dans des sols (laboratoire) (AGRITOX, 2009)

- **desméthyl isoproturon :** 14% de métabolite en 8 j à 20°C dans différents sols de pH 5,6 à 7,4
- **4-isopropylphényl-urée :** 7% de métabolites en 64j à 20°C dans différents sols de pH 5,6 à 7,4

Toxicité et écotoxicité :

- NQE-MA²⁵² :** 0,3 µg/L (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA :** 1,0 µg/L (Dir. 2008/105/CE)
- PNEC chronique eau douce :** 0,32 µg/L (INERIS, 2011)
- LQ circ 05/01/09 =** 0,05 µg/l **Note :** NQE / LQ compatibles

²⁵¹ Liste non exhaustive

²⁵² **NQE-MA** = valeur moyenne annuelle - **NQE-CMA** = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

L'isoproturon n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité²⁵³

Adsorption : Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci. Ce phénomène diminue l'efficacité des charbons et oblige les utilisateurs à de fréquentes régénérations de ceux-ci.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif : L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Les rejets liquides contaminés par de l'isoproturon peuvent donc être traités par un passage sur des filtres à charbon actif car présentant une très grande probabilité d'être efficacement adsorbée mais les coûts très élevés ne semblent cependant pas adaptées aux rejets diffus. (Lenntech, 2011)

Coagulation, floculation, décantation : Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés. Selon Degrémont, des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%. Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Traitement membranaire : Traitement sur effluent prétraité, nanofiltration ou traitement de finition

²⁵³ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC**²⁵⁴ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE²⁵⁵
 - L'isoproturon est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - L'isoproturon fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
 - Il fait l'objet en France d'un retrait du marché et d'un retrait d'usage prenant effet au plus tard le 31 décembre 2008.
- **Directive 91/414/CEE**²⁵⁶ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009
 - L'isoproturon fait partie de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée (JO du 26/02/02)
- **Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)²⁵⁷
 - L'isoproturon fait partie des substances identifiées comme substances prioritaires au titre de la directive-cadre sur l'eau en tant que "substances cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction de catégorie 3"
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²⁵⁸.
 - L'isoproturon n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H 351	Cancérogène, cat. 2 Susceptible de provoquer le cancer
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an²⁵⁹
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**²⁶⁰
 - L'isoproturon n'est pas concerné

²⁵⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

²⁵⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

²⁵⁶ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

²⁵⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

²⁵⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

²⁵⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

²⁶⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**²⁶¹
 - Annexe 1 : l'isoproturon fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,05 µg/l

Autres réglementations

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixe à 9 µg/L la valeur sanitaire maximale pour l'isoproturon dans l'eau destinée à la consommation (WHO, 1996). Selon le site internet de l'ORP262, en France, les limites de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine sont plus strictes que les valeurs guide recommandées par l'OMS. Ces limites ont été déterminées en considérant que toute présence de pesticides traduit une contamination de la ressource et que d'autres substances éventuellement non détectables selon les moyens analytiques actuels peuvent également être présentes (par exemple les métabolites). Ces limites de qualité ont également pour objectif de limiter la dégradation des milieux.

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Pas de néoformation identifiée.

On soulignera toutefois que la présence de cette substance en quantité significative dans les rejets des industries du secteur du déchet **ne peut sûrement pas être attribuée à un usage de type industriel mais plutôt à une pollution préexistante des eaux utilisées par les industriels**. (INERIS, 2007) (page 12)

Ce dernier commentaire est confirmé dans le rapport de synthèse de la campagne RSDE 2003-2007 (INERIS, 2008).

L'isoproturon parfois est utilisé comme désherbant pour l'entretien de certains sites des industries du secteur des déchets (communications personnelles d'industriels concernés).

Certains sites à proximité immédiate d'aéroports ou de zones agricoles (monocultures de céréales par exemple), peuvent être contaminés en isoproturon par ce voisinage.

²⁶¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

²⁶² <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/>

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse

L'isoproturon est produit par transamidation du cumyl urée avec de la diméthylamine anhydre (DMA). L'efficacité du processus dépend de la température de la réaction et de la solubilité de la DMA à cette température dans le solvant utilisé. (INERIS, 2007)

Utilisation

L'isoproturon est un herbicide azoté qui agit sur les végétaux comme inhibiteur de la photosynthèse.

L'isoproturon est commercialisé sans autre substance active au sein de produits phytosanitaires préconisés comme herbicides sur les graminées annuelles. Cette substance, seule, est principalement employée sur le blé, l'orge et les cultures porte-graine mineures. (INERIS, 2007)

L'isoproturon est par ailleurs commercialisé en mélange avec d'autres pesticides pour des préconisations phytosanitaires herbicides à usage agricole. (INERIS, 2007)

Cet herbicide, apprécié pour son efficacité et son faible coût, est difficilement substituable en l'agriculture. (INERIS, 2007)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation dans les procédés des industries du déchet
- L'isoproturon peut être utilisé comme désherbant pour l'entretien de certains sites des industries du secteur des déchets (communication personnelle d'industriels concernés)

Autres secteurs industriels

- L'isoproturon est utilisé en agriculture.

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :

L'isoproturon n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Rejet des stations d'épuration des eaux usées urbaines :

Le projet AMPERES a montré que l'isoproturon était détecté dans plus de 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que l'isoproturon était retrouvé dans moins de 30% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,001 à 0,1 mg/kg de boues.

Autres types de rejets industriels :

Pour cette substance aucune source naturelle n'a été identifiée.

Les principales contaminations sont donc limitées aux zones d'utilisation d'isoproturon et, dans une moindre mesure, à ses zones de stockage.

Le registre IREP²⁶³ (Registre Français des Emissions Polluantes) ne comporte pas de donnée concernant l'isoproturon.

Aucun rejet dans l'environnement n'a été rapporté lors de la fabrication d'isoproturon (rappelons qu'aucun site de production n'a été formellement identifié en France). En 2006, des rejets dans l'environnement ont été rapportés lors de la formulation de produits commerciaux contenant de l'isoproturon (usine BASF de Gravelines) mais l'utilisation de cette substance active a été stoppée en 2006 d'après les dirigeants de cette entreprise. De même, il pourrait s'avérer nécessaire de surveiller les sites de stockage de cette substance. (INERIS, 2007)

Selon le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (2005), l'isoproturon a été quantifié dans moins de 2% des rejets et des points de mesure situés en amont des rejets sur un total de 157 établissements industriels et 8 points amont. Les industries ne sont donc pas une source majeure de rejet d'isoproturon. **De plus, là où cette substance est quantifiée, sa présence ne peut sûrement pas être attribuée à un usage de type industriel mais plutôt à une pollution préexistante des eaux utilisées par les industriels.** (INERIS, 2007) (page 12)

Ce dernier commentaire est confirmé dans le rapport de synthèse de la campagne RSDE 2003-2007 (INERIS, 2008).

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

L'isoproturon est peu volatil (Tissier et al., 2005). Ainsi, il est peu probable que cette substance se disperse dans l'air, se volatilise après le traitement des sols ou depuis les eaux de surface. La pollution atmosphérique semble donc être une voie d'apport vers les milieux aquatiques très mineure. (INERIS, 2007)

A titre d'exemple, Lig'Air, lors d'une campagne de mesure de pesticide dans l'air (année 2002), n'a jamais détecté cette substance malgré une fréquence de recherche supérieure à 40% (site internet de Lig'Air²⁶⁴) et malgré l'important usage quantitatif qui est fait de cette substance au niveau national. (INERIS, 2007)

Eau

Ce produit est entraîné dans les eaux aussi bien dans les eaux de surface par ruissellement que dans les eaux souterraines par lessivage des sols. L'IFEN (2006) présente un état des lieux (données de 2004) de la contamination des eaux par les substances prioritaires de la directive cadre sur l'eau (dont l'isoproturon). (INERIS, 2007)

Présence dans les rejets urbains par temps de pluie (Bertrand-Krajewski, 2008)

En 2004, des campagnes de prélèvement de rejets urbains par temps de pluie ont permis de détecter l'isoproturon à des niveaux de l'ordre du milligramme par hectare de bassin versant actif.

Sols /sédiments

L'isoproturon a une tendance très faible à l'adsorption sur les matières en suspension et les sédiments (Tissier et al., 2005) et est considérée comme moyennement mobile dans les sols (site internet Footprint). En revanche dans ce compartiment de l'environnement l'isoproturon donne lieu à la formation de métabolites : le desméthylisoproturon et l'isoproturon monométhyle (site internet Footprint et Gaillardon et Sabar, 1994). (INERIS, 2007)

L'isoproturon a une ½ vie en plein champ de l'ordre de 20 jours (INERIS, 2007)

²⁶³ <http://www.irep.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php>

²⁶⁴ <http://www.ligair.fr/search?q=pesticides>

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles de l'isoproturon dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
 - 02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
 - 02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
 - 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
 - 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 19* pesticides

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX (AQUAREF, 2012)**

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable

Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire

Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement

Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en oeuvre (blanc de flaconnage)

Prétraitement et transport

Flacons de 1 L en verre brun non pelliculés et prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchon à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés.

Remplir les flacons à ras bord destinés au laboratoire

Transporter à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H

Extraire dès que possible après le prélèvement

Prétraitement au laboratoire

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse: au solvant pour la verrerie jaugée (dichlorométhane, par exemple) et à 200°C pendant 12 H pour la verrerie non jaugée.

Remise à température ambiante en vue de l'analyse.

Si le flacon est complètement rempli, agiter l'échantillon et éliminer la quantité nécessaire à l'ajout du solvant d'extraction.

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Stockage et conservation

Les échantillons peuvent être conservés à 4 ± 2°C, mais pour une durée inférieure à 7 jours.

Les extraits en solvants séchés, obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés entre à 4 ± 2°C pendant 2 mois maximum.

Sensibilité :

NQ/3 atteinte : oui

Chromatographie en phase liquide haute performance couplée à un spectromètre de masse en ionisation positive (HPLC/MS) atteignable

Chromatographie en phase liquide haute performance avec détection UV (HPLC/UV) : atteignable

METHODES DE DOSAGE**NF EN ISO 11369 (Novembre 1997) (Qualité de l'eau) - Dosage de certains agents de traitement des plantes. Méthode par chromatographie en phase liquide haute performance avec détection UV (HPLC/UV) après extraction solide-liquide****Minéralisation/Extraction**

Extraction liquide -solide sur RP-C18

Possibilité d'utiliser un autre absorbant si les performances sont comparables en ajustant le pH de l'eau entre 6 et 8 soit par un acide minéral (H3PO4 par exemple ou par de l'hydroxyde de sodium

Analyse

Confirmation par réponse des signaux à plusieurs longueurs d'ondes. Confirmation supplémentaire possible par analyse en chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS)

LQ usuelles [µg/L] :

HPLC/UV: 0,05 (Limites analytiques issues du domaine d'application de la norme)

HPLC/DAD ou HPLC/UV: 0,05 (LQ couramment constatées)

LC/MS : 0,02 (LQ couramment constatées)

LC/MS/MS: 0,02 (LQ couramment constatées)

NQ/3 atteinte : oui

EPA Méthode 532, Révision 1.0 (Juin 2000) Drinking water - Determination of phenyl urea compounds in drinking water by solid phase extraction and high performance liquid with UV detection.

Cette méthode peut également s'appliquer à l'isoproturon. Toutefois aucune donnée de performance n'est publiée à ce jour.

Minéralisation/Extraction : Extraction liquide - solide sur RP-C18 (Cartouche ou disque)

Analyse : Extraction liquide - solide sur RP-C18 (Cartouche ou disque)

U.S. Geological Survey National Water Quality Laboratory - (2001) Water - Test method 2060 Determination of Pesticides in Water by Graphitized Carbon-Based Solid-Phase Extraction and HPLC-MS (Dosage de pesticides dans l'eau en chromatographie liquide haute performance avec détection par spectrométrie de masse en ionisation positive (HPLC/MS-EI). Extraction liquide-solide sur carbone graphité)

Cette méthode peut également s'appliquer à l'isoproturon. Toutefois aucune donnée de performance n'est publiée à ce jour.

Dosage dans les Eaux douces par biocapteurs immunologiques (Lagarde, et al., 2010) : L'isoproturon peut être quantifié par la technique des biocapteurs immunologiques (détection par marquage, transducteur TIRF), avec une limite de détection de 0,01 à 0,02 µg/l

EAUX DE SURFACE²⁶⁵ (TUZIMSKI, 2008)

Prélèvement, conditionnement et conservation

Prélèvement en bouteille verre de 1L, de 20 à 50 cm sous la surface de l'eau.

L'échantillon est filtré à 0,45 µm.

Conservation à 4°C à l'obscurité.

Extraction / préparation

L'extraction doit avoir lieu dans les sept jours suivant le prélèvement.

Extraction avec des cartouches SPE de type C18. Les cartouches sont conditionnées par 3x2ml de dichlorométhane, 3x2ml de méthanol et 3x2ml d'eau.

Les échantillons aqueux sont ensuite passés dans la cartouche avec un débit de 10ml/min, à une pression de 75 mmHg (34 hPa).

Lavage de la colonne SPE avec un mélange méthanol/eau (5/95 en v/v) puis séchée pendant 1min.

Elution de la colonne avec 5ml de méthanol

Dosage

Méthode de dosage

Analyse de l'échantillon de méthanol par HPLC couplée un détecteur DAD.

Les conditions d'analyse sont :

- pompe quaternaire avec un dégazeur et débit de 1 ml/min
- colonne C18 (diamètre des pores : 5 µm, 150 mmx4,6 mm).
- volume d'injection : 20 µl
- température : 22°C ± 1°C
- longueur d'onde : 212 nm.
- solvant eau/acétonitrile et gradient pour l'élution : 0 min : 30% ACN ; 30min : linéaire jusqu'à 76% d'ACN ; 35min linéaire jusqu'à 100% d'ACN ; 45min : 100% d'acétonitrile isocratique.

La calibration se fait avec une gamme de dilution de standard d'isoproturon dans du méthanol (de 0,1 à 50 µg/L).

Interférences : non signalées

Limite de détection : 0,10 µg/L

Limite de quantification : 0,30 µg/L

²⁶⁵ Tuzimski T. "Application of SPE-HPLC-DAD and SPE-TLC-DAD to the determination of pesticides in real water Samples", J. Sep. Sci. 2008, 31, pp3537-3542

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Produits de substitution dans les industries du secteur du déchet

L'isoproturon n'est pas utilisé dans les process de traitement des déchets, il n'existe donc pas de produit de substitution.

Traitement par Coagulation, floculation, décantation

Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés. Selon Degrémont, des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%. (Degrémont, 2005)

Traitement par adsorption sur charbon actif

Les rejets liquides contaminés par de l'isoproturon peuvent être traités par un passage sur des filtres à charbon actif. A ce propos, plusieurs sociétés spécialisées indiquent que cette substance présente une très grande probabilité d'être efficacement adsorbée sur le charbon actif. (INERIS, 2007)

Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci (MONTIEL et WELTE, 1997). Ce phénomène diminue l'efficacité des charbons et oblige les utilisateurs à de fréquentes régénérations de ceux-ci.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif

L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides (DUGUET *et al.*, 1993) dans (Boussahel, et al., 2002) ; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Les rejets liquides contaminés par de l'isoproturon peuvent donc être traités par un passage sur des filtres à charbon actif car présentant une très grande probabilité d'être efficacement adsorbée mais les coûts très élevés ne semblent cependant pas adaptées aux rejets diffus. (Lenntech, 2011)

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination de l'isoproturon par les boues activées avec aération prolongée est inférieur à 30%.

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que l'isoproturon était retrouvé dans moins de 30% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,001 à 0,1 mg/kg de boues.

Traitement membranaire

Une étude a permis d'évaluer les capacités et l'influence de la matière organiques de deux membranes de nanofiltration à éliminer certains pesticides, dont l'isoproturon. Des taux d'abattelements supérieurs à 70% sont atteignables. (Boussahel, et al., 2002)

Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique

(Techniques de l'Ingénieur n°119 septembre 2010)

Immunocapteurs

Les anticorps ou immunoglobulines (Ig) sont les protéines du système immunitaire. Elles se forment généralement en réponse à l'agression d'un organisme par un toxique, une protéine étrangère ou une bactérie qui constitue l'antigène de cet anticorps. Il existe des anticorps polyclonaux et des anticorps monoclonaux. Les anticorps polyclonaux sont constitués de protéines dirigées contre le même antigène mais peuvent cibler des sites différents (épitopes), alors que les anticorps monoclonaux sont dirigés contre un seul et même épitope de l'antigène.

Les principales méthodes utilisées dans les immunocapteurs sont :

- soit des méthodes de détection directe de la formation du complexe antigène-anticorps (mesure de la modification des propriétés électriques par spectroscopie d'impédance électrochimique, mesure de la modification des propriétés optiques par résonance plasmonique de surface) ;
- soit des méthodes par marquage de l'antigène fixé par un anticorps marqué par une enzyme conduisant, soit à des produits colorés ou fluorescents (transducteur optique), soit à des produits électroactifs (transducteur électrochimique).

Le tableau 2 présente quelques exemples d'immunocapteurs développés pour la détection de polluants aquatiques.

Polluant	Mode de détection	Transducteur	Limite de détection	Référence
Pesticides (propanil, atrazine, isotrotruron)	Marquage	TIRF	0,01-0,02 µg/L	[11]
Chlorpyrifos	Marquage	SPR	54-64 ng/L	[30]
DDT et produits dérivés	Marquage	SPR	15 ng/L	[31]
Atrazine	Direct	EIS	10 ng/mL	[32]
Acide 2,4-dichlorophenoxyacétique	Direct	Ampérométrique	0,1 µg/L	[33]
Testostérone	Marquage	TIRF	Sub ng/L	[34]
Bisphénol A	Direct	SPR	0,4 µg/L	[35]
	Marquage	TIRF	0,008 µg/L	[11]
Nonylphénols	Direct	Ampérométrique	10 µg/L	[36]

REFERENCES

AGRITOX AGRITOX [En ligne] // Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques. - mars 2009. - consulté en juil. 2011. - <http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/sa.php?sa=230#debut>.

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Boussahel R, Baudu M et Montiel A Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Feigenbrugel V. Devenir atmosphérique des pesticides : distribution entre les différentes phases de l'atmosphère et l'oxydation photochimique [Rapport] : Thèse de doctorat de Physique Chimie / Université Louis Pasteur de Strasbourg. - 2005. - p. 215 pages.

INERIS Benzène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>.

INERIS Isoprotruron [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - consulté en juin 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS Isoprotruron - Données technico-économiques [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - INERIS, 2007. - consulté en septembre 2011. - http://www.ineris.fr/rsde/fiches/fiche_isoprotruron_v2.pdf.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BL.

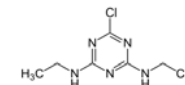
Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Tuzimski T. "Application of SPE-HPLC-DAD and SPE-TLC-DAD to the determination of pesticides in real water Samples" [Article] // J. Sep. Sci.. - 2008. - Vol. 31. - pp. pp3537-3542.

SIMAZINE

DESCRIPTIF**Synonymes²⁶⁶ :**

- 6-chloro-N,N'-diethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine
- 1,3,5-triazine-2,4-diamine, 6-chloro-N,N'-diethyl-

Formule semi-développée : C₇H₁₂ClN₅**N° CAS : 122-34-9****Formule développée**

Famille :
Pesticide azoté
Triazine

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 201,66 (INERIS, 2012)

Solubilité dans l'eau : 6,2 mg/L à 22°C pH7 (INERIS, 2007-a)
5,29 mg/l à 20°C (INERIS, 2012)

Pression de vapeur : 2,94.10⁻⁶ Pa à 25°C 1.10⁻⁵ Pa à 30°C (INERIS, 2012)

Point éclair : - -

Temps de ½ vie dans le sol : - -

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : entre 12 et 77 j - substance stable (INERIS, 2012)
Constante de Henry : 5,5 10⁻⁵ Pa.m³/mol à 22°C (INERIS, 2012)

Log Kow : 2,18 - 2,2 (INERIS, 2012)

Koc : 103 - 155 l/kg (INERIS, 2012)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

La simazine est fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)

Métabolites connus:

Les principaux métabolites de la simazine présents dans les sols sont la deséthylsimazine et l'hydroxysimazine. (INERIS, 2007-a)

Impuretés

La substance active "simazine" utilisée dans les préparations commerciales est pure à plus de 97%. Néanmoins, ces impuretés ne sont pas identifiées. (INERIS, 2007-a)

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA²⁶⁷ : 1 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

NQE-CMA : 4 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 : 0,03 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC_{eau douce} : 0,001mg/l (INERIS, 2011)

²⁶⁶ Liste non exhaustive

²⁶⁷ **NQE-MA** = valeur moyenne annuelle - **NQE-CMA** = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)

Occurrence de la simazine dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés²⁶⁸ du secteur 3 est de **0,97 g/j** (53 sites - 273 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

La simazine n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'atrazine de l'ensemble des sous-secteurs.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, la simazine ne peut pas être considérée comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité²⁶⁹

Adsorption : Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci

Selon INERIS (2006), le traitement biologique suivi d'une adsorption sur charbon actif est un traitement envisageable sur les eaux résiduaires.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif : L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. Son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Coagulation, floculation, décantation : Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés.

Traitement complémentaire : Filtre à sable continu

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Traitement par technique membranaire : le taux d'élimination de la simazine sous influence de l'osmose inverse est de 95 %.

Traitement biologique : le traitement biologique suivi d'une adsorption sur charbon actif ou hydrolyse fait partie des traitements envisageables sur les eaux résiduaires.

Traitement combiné ozone/UV : L'ozonation permet dans certains cas la biodégradabilité des composés. Il a été observé que le niveau de biodégradabilité de la simazine est considérablement augmenté lorsqu'un pré-traitement à l'ozone/UV est appliqué.

²⁶⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

²⁶⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION**Réglementation européenne**

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/CE**²⁷⁰ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE²⁷¹
 - La simazine est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - La simazine fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau"
 - La simazine, fait l'objet, en France, d'un retrait du marché et d'un retrait d'usage prenant effet au plus tard le 31 décembre 2008
- **Directive 91/414/CEE**²⁷² relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009
 - En décembre 2009, la simazine ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Arrêté** du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)²⁷³
 - La simazine n'est pas concernée
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²⁷⁴:
 - La simazine n'est pas une substance soumise à restriction
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 2	H351	Cancérogénicité, cat.de danger 2
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**²⁷⁵
 - La simazine n'est pas concernée
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an²⁷⁶

²⁷⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

²⁷¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

²⁷² http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

²⁷³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

²⁷⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

²⁷⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

²⁷⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**²⁷⁷
 - Annexe 1 : la simazine fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,03 µg/l

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

La **simazine** est une substance de synthèse chimique. Aucune source naturelle n'a été identifiée. Il n'existe pas de voie de production accidentelle de simazine connue. (INERIS, 2007-a)

PRODUCTION / UTILISATION

La simazine est un herbicide de synthèse de la famille chimique des triazines. (INERIS, 2007-a)

La simazine est synthétisée par réaction du chlorure de cyanuryle avec 2 équivalents d'éthylamine en présence de soude. Le composé ainsi formé est alors neutralisé à l'acide formé. (INERIS, 2007-a)

Synthèse / Production

Utilisation générale

La simazine a été couramment utilisée en France en arboriculture et viticulture avant son interdiction qui est entrée en vigueur le 24 septembre 2001. Auparavant, la simazine était utilisée comme herbicide total. Au niveau européen, il est attesté que la simazine était utilisée en désherbage total pour les mêmes usages que l'atrazine : cultures de maïs, cultures fruitières (raisins, citrons...) fruits secs à coque, et cultures non agricoles (espaces verts, voirie, etc.). Suite à son interdiction, il n'y a plus aucun usage majeur actuel de cette substance en France. (INERIS, 2007-a)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique de la simazine dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées. Cette substance a toutefois pu être utilisée pour des opérations d'entretien des sites.

²⁷⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de simazine du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0,97 g/j**, (53 sites - 273 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

Sous-secteur 3.1 : 27 sites (142 mesures - contributeur à **86,6%** au flux du secteur 3 - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,84 g/j**)

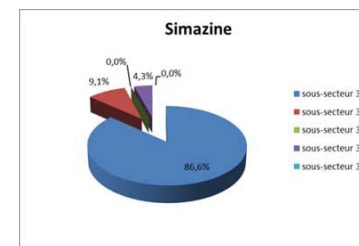
Sous-secteur 3.2 : 8 sites (40 mesures - contributeur à **9,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,09 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 1 site (6 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 9 sites (42 mesures - contributeur à **4,3%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 8 sites (43 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Répartition des flux en simazine dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : la simazine n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'atrazine de l'ensemble des sous-secteurs.

Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux de simazine du secteur 3 (86%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur.

Cas des rejets des stations d'épuration des eaux usées urbaines (Choubert, et al., 2011)

Le projet AMPERES a montré que la simazine était détectée dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l.

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que la simazine était retrouvée dans moins de 30% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,001 à 0,1 mg/kg de boues.

Rejets industriels**Rejets dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

L'utilisation de la simazine étant interdite, les éventuelles contaminations sont donc limitées aux zones de stockage de produits phytosanitaires (stockage en vue de l'élimination ou de l'exportation de la substance par exemple). Toutefois, ces deux types d'établissements sont soumis à autorisations par arrêtés préfectoraux et sont équipés, parmi d'autres dispositifs de sécurité (de bacs de rétentions intérieurs en cas de fuite et/ou de renversement accidentel, de bacs de rétentions extérieurs pour la récupération des eaux d'extinction en cas d'incendies. Si l'un de ces dispositifs est utilisé, les effluents doivent être récupérés et éliminés dans un centre de retraitement agréé. (INERIS, 2007-a)

Autres types de rejets :

Une étude a montré que des rejets de simazine ont été observés entre 2003 et 2005 uniquement pour une station d'épuration urbaine (sur 24 stations testées) et pour une station d'épuration industrielle (sur 5 stations testées). Ces rejets correspondaient respectivement à des flux cumulés de moins de 0,45 g/j et de 0,24 g/j pour les rejets urbains et industriels. Selon cette source, aucun autre rejet industriel ne contient de la simazine en quantité mesurable. Il semble donc raisonnable d'attribuer la présence de simazine dans les deux stations d'épuration concernées non pas à un usage industriel ou domestique mais plutôt à une contamination historique des ressources en eaux utilisées et retraitées par les stations incriminées. (INERIS, 2007-a)

Présence dans l'environnement

Avant son interdiction, on attribuait la totalité des rejets diffus de simazine à son usage en tant qu'herbicide. Aucune pollution historique majeure des sols, des sédiments ou des cours d'eau n'a été identifiée pour la simazine. Néanmoins, la stabilité de cette substance dans les eaux souterraines constitue de nos jours une pollution diffuse héritée. (INERIS, 2007-a)

Compartiment atmosphérique

Si la simazine est rejetée dans l'atmosphère, elle se retrouvera principalement sous la forme adsorbée particulaire et plus rarement sous forme gazeuse. Cette partition gaz/particule pourrait être de l'ordre de 20% / 80%. La photo-décomposition est un mécanisme important de retrait de simazine de l'atmosphère. (INERIS, 2007-a)

A partir de 2003, suite à l'arrêt de l'utilisation de la simazine, cette substance n'est plus quantifiée dans le compartiment aérien (INERIS, 2007-a)

Eau / sédiments

En cas de rejet de simazine dans les eaux, cette substance ne sera ni adsorbée sur les matières en suspension ni volatilisée. Cette substance étant stable dans les eaux, suite à son introduction dans ce milieu, elle y persistera pour une durée pouvant dépasser une année. (INERIS, 2007-a)

Présence dans les rejets urbains par temps de pluie (Bertrand-Krajewski, 2008) En 2004, des campagnes de prélèvement de rejets urbains par temps de pluie ont permis de détecter de la simazine à des niveaux de l'ordre de 0,02 milligramme par hectare de bassin versant actif en périphérie lyonnaise.

Sols

La simazine des sols est peu sensible à la lixiviation, aux mouvements latéraux dans le sol ou à la volatilisation à partir de ceux-ci mais est sensible au rayonnement ultraviolet. Dans les sols à pH élevé, l'activité microbienne explique probablement la décomposition d'une quantité significative de simazine. Dans les sols à pH plus faible, la décomposition passera par des phénomènes d'hydrolyse. Les principaux métabolites de la simazine présents dans les sols sont la deséthylsimazine et l'hydroxysimazine. (INERIS, 2007-a)

La simazine est modérément persistante avec une demi-vie moyenne en plein champ de 60 jours (des valeurs de 28 à 149 jours ont été rapportées) (INERIS, 2007-a)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles de simazine dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****Présence possible de la substance dans les déchets suivants :****02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
 - 02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
 - 02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
 - 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 19* pesticides

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX (AQUAREF, 2011-D)

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner).

Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire

Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement

Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.

Prétraitement et transport

Flacons de 1 L en verre brun ou en verre transparent protégé par une feuille d'aluminium, non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500°C), bouchon à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés. Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire.

Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.

Après le prélèvement ajuster à une valeur de pH comprise entre 6 et 9 avec de l'acide chlorhydrique ou de l'hydroxyde de sodium.

Transporter les échantillons à $5 \pm 3^\circ\text{C}$, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.

Prétraitement au laboratoire

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse:

- pour la verrerie jaugée : à l'aide d'un agent nettoyant puis au solvant (dichlorométhane, par exemple)
- pour la verrerie non jaugée par calcination à 500°C pendant 8 H .

Remise à température ambiante en vue de l'analyse.

Extraire dans les 48 H suivant le prélèvement.

Si le flacon est complètement rempli, agiter l'échantillon et éliminer la quantité nécessaire à l'ajout du solvant d'extraction (dans le cas d'une extraction liquide/liquide).

Des blancs de verrerie doivent être réalisés

Stockage et conservation

Les extraits de solvants obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 5 jours.

Sensibilité :

NQ/3 atteinte : oui

Chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse en tandem (GC/MS/MS) : atteignable

Chromatographie en phase liquide - détecteur UV (HPLC/UV) : atteignable

Chromatographie en phase gazeuse - détecteur azote/phosphore (GC/NPD) : atteignable

Chromatographie en phase gazeuse haute résolution - spectromètre de masse haute résolution (GC/MS) : atteignable

Chromatographie en phase gazeuse - détecteur thermo-ionique (GC/TSD)

METHODES DE DOSAGE

NF EN ISO 10695 (juin 2000) Qualité de l'eau - Dosage de certains composés organiques azotés et phosphorés sélectionnés

Minéralisation/Extraction

Méthodes par chromatographie en phase gazeuse

- extraction sur phase solide applicable aux échantillons d'eaux contenant jusqu'à 0,05 g/l de matières en suspension En présence de matières organiques, de matières en suspension et de colloïdes, les interférences sont plus nombreuses et les limites de détection peuvent donc être plus élevées
- extraction liquide/solide applicable aux échantillons d'eaux contenant des concentrations en masse du composé étudié $\geq 0,05 \mu\text{g/l}$ environ. Les interférences survenant lors de l'analyse de certains types d'eaux de surface peuvent empêcher l'application de cette méthode d'extraction

Les rendements d'extraction peuvent varier en fonction du type d'eau, de ce fait les rendements du laboratoire doivent être déterminés et contrôlés. Un minimum de trois extractions est nécessaire pour obtenir des rendements satisfaisants, supérieurs à 60 %

Analyse

Méthode par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un détecteur azote/phosphore (GC/NPD)
Les analyses doivent être réalisées sur deux colonnes capillaires de polarités différentes. Un spectromètre de masse peut se substituer au détecteur azote/phosphore, auquel cas, une seule colonne capillaire est nécessaire.

LQ usuelles [µg/L] :**Par extraction liquide-liquide**

- GC/NPD : 0,02 (LQ couramment constatées)
- GC/TSD : 0,02 (LQ couramment constatées)
- GC/MS/MS : 0,002 (LQ couramment constatées)

Par extraction solide/liquide

- GC/MS : 0,03 (LQ couramment constatées)
- GC/TSD : 0,02 à 0,05 (Données INERIS - LQ couramment constatées)

NQ/3 atteinte :

- Par extraction liquide-liquide : oui
- Par extraction solide/liquide : oui

EPA - Méthode 1699 (Décembre 2007)

Analyse des pesticides dans l'eau, le sol, les sédiments, les biosolides et les tissus par chromatographie gazeuse haute résolution couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (GC/MS)

Extractions possibles :

- Extraction liquide/liquide à pH neutre, au dichlorométhane, en ampoule à décanter
- Extraction liquide-liquide en continu
- Extraction sur phase solide

Purification : sur colonne SPE (solid phase extraction) aminopropyl, suivie d'une purification sur silice et pouvant être complétée par une purification sur une autre colonne SPE et/ou par perméation de gel.

Concentration : au Kuderna-Danish ou à l'évaporateur rotatif puis sous flux d'azote

Analyse

Analyse par chromatographie gazeuse haute résolution couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (GC/MS). Quantification par étalonnage interne (étalons marqués ¹³C)

LQ usuelles [µg/L] : 0,080 (Limites de quantification issues des données de la norme)

NQ/3 atteinte : oui

NF EN ISO 11369 (Novembre 1997)**Minéralisation/Extraction**

Dosage de certains agents de traitement des plantes. Méthode par chromatographie en phase liquide haute performance (HPLC) avec détection UV après extraction.

Cette norme est dédiée aux échantillons d'eaux de consommation et d'eaux souterraines mais peut être étendue aux échantillons d'eau de surface en s'assurant que les taux d'extractions soient déterminés et contrôlés (≥ 60%), et en s'affranchissant de tout interférent pouvant absorber aux longueurs d'ondes choisies pour la détection.

Analyse

Dosage de certains agents de traitement des plantes

Méthode par chromatographie en phase liquide haute performance avec détection UV (HPLC/UV) de préférence avec un détecteur à barrette de diode, pour un enregistrement en continu des spectres d'absorption entre 200 nm et 350 nm, ou bien un détecteur capable de contrôler au moins deux longueurs d'onde différentes

LQ usuelles [µg/L] : 0.040 (LQ couramment constatées)

NQ/3 atteinte : oui

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT²⁷⁸

Suite à l'interdiction de la simazine, les rejets de cette substance ont disparu ainsi que les émissions agricoles. (INERIS, 2007-a)

L'ajustement du pH, le traitement biologique suivi d'une adsorption sur charbon actif ou hydrolyse, l'oxydation biologique et la simple adsorption sur charbon actif sont autant de traitements envisageables sur les eaux résiduaires. (INERIS, 2007-a)

Traitement par adsorption sur charbon actif

Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci (MONTIEL et WELTE, 1997). Ce phénomène diminue l'efficacité des charbons et oblige les utilisateurs à de fréquentes régénérations de ceux-ci.

Selon INERIS (2006), le traitement biologique suivi d'une adsorption sur charbon actif est un traitement envisageable sur les eaux résiduaires.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif

L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides (DUGUET *et al.*, 1993) ; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Coagulation, floculation, décantation

Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés. Selon Degrémont, des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%. (Degrémont, 2005)

²⁷⁸ Pour plus de précisions, se reporter aux fiches "traitements" du présent rapport

Traitement complémentaire : Filtre à sable continu**Oxydation par voie humide (OVH) :**

Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Traitement par technique membranaire :

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination de la simazine sous influence de l'osmose inverse est de 95 %. (CWW, 2003)

Traitement biologique

Le traitement biologique suivi d'une adsorption sur charbon actif ou hydrolyse fait partie des traitements envisageables sur les eaux résiduaires.

Traitement combiné ozone/UV :

L'ozonation permet dans certains cas la biodégradabilité des composés. Il a été observé que le niveau de biodégradabilité de la simazine est considérablement augmenté lorsqu'un pré-traitement à l'ozone/UV est appliqué. (Lai et al. 1995) dans (Gendrait-Derveaux, 2007)

REFERENCES

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Simazine [En ligne] // AQUAREF. - 2011-d. - <http://www.aquaref.fr>.

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne) , 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BL.

INERIS Simazine [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2011. - Mise à jour du 7 janvier 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/786>. - 2011. - 7 pages.

INERIS Simazine - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - 2007-a. - mise à jour le 05/03/2007. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 21 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

BENZENE

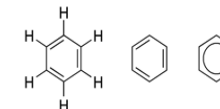
DESCRIPTIF**Synonymes :**

- | | | |
|------------------|-------------------|-----------------|
| - benzole | - benzene | - benzolene |
| - phenyl hydride | - cyclohexatriène | - propylbenzole |
| - mineral naphta | - coal naphta | - carbon oil |

Formule semi-développée : C₆H₆**N° CAS : 71-43-2****Métabolites : (TOXNET)**

- Oxydation :** - phénol (hydroxybenzène) - acide muconique
 - catéchol (1,2-dihydroxybenzène)
 - hydroxyhydroquinol (1,2,4-trihydroxybenzène)
 - quinol (1,4-dihydroxybenzène)

- Conjugaison :** - phénylsulfate - glucuronides
 - acide 2-phénylmercapturique

Formule développée**Familles :**

- **Hydrocarbure aromatique monocyclique**
- **BTEX**

Propriétés physico-chimiques :

Diamètre de la molécule : 0,526 nm

Masse molaire : 78,11 g/mol (NCBI)

Solubilité dans l'eau : 1,79 g/l à 25°C (TOXNET) 1,83 g/l à 25°C (INERIS, 2006-b)

Pression de vapeur : 9,97 kPa (RMC, 2010) 12,64 kPa (94,8 mm Hg) (TOXNET)
 10,032 kPa à 20°C 12,875 kPa à 25°C (INERIS, 2006-b)

Point éclair : -11°C (RMC, 2010)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 15 j (INERIS, 2009)

Constante de Henry : 5,56 x 10⁻³ atm/m³/mol (TOXNET) (soit 563 Pa/m³/mol²⁷⁹)
 558 Pa/m³/mol à 25°C (INERIS, 2006-b)
 439 - 607 Pa/m³/mol à 20-25°C (INERIS, 2006-b)

Log Kow : 2,13 (TOXNET)

Koc : 85 (d'où une mobilité élevée et donc une faible adsorption dans les sols) (TOXNET)
 60 L/kg (18 à 1 023) (INERIS, 2006-b)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Dans l'atmosphère, le benzène est dégradé en réagissant avec les radicaux hydroxyles formés par réaction photochimique. (INERIS, 2006-b)
- Matières à éviter : acides minéraux, soufre, halogènes, composés halogène-halogène, oxydant, (entres-autres acide nitrique, ozone, peroxydes, dérivés oxo-halogénés, CrO₃), hydrocarbures halogénés (en présence de métaux légers). (RMC, 2010)
- Moyennement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006-a)
- L'association de benzène et de perchlorate d'argent forme un complexe explosif, par exemple sous l'action d'un broyage ou d'un choc (Leleu, et al., 2004)
- Le benzène peut produire des réactions violentes au contact de certains composés (Leleu, et al., 2004) :
 - pentafluorure de brome (inflammation ou explosion),
 - trifluorure de chlore (réaction violente à explosive),
 - trioxyde de chrome en poudre (inflammation),
 - tétrafluoroborate de dioxygényle (inflammation à température ambiante),
 - perchlorate de nitrile (légère explosion avec production d'éclair),
 - oxygène liquide (explosion),
 - permanganate + acide sulfurique (explosion),
 - hypofluorite de trifluorométhyle (explosion sous l'action des UV ou d'une étincelle)
- Le benzène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type polyuréthane, Wil-Flex™, Buna-N®, Nordel®, mais aussi avec le polypropylène et le propylène.²⁸⁰

²⁷⁹ <http://www.convertworld.com/fr/pression/Pascal.html>

²⁸⁰ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

L'hydroquinone est un métabolite de la dégradation bactérienne de nombreux composés du benzène (HSDB, 2012)

En milieu aquatique et en conditions aérobies : phénol, catéchols, cis-1,2-dihydroxy-1,2-dihydrobenzène (HSDB, 2012)

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures NQE-MA²⁸¹ : 10 µg/l **NQE-CMA :** 50 µg/l
LQ : 0,2 µg/l (INERIS, 2009) **Note :** NQE / LQ compatibles
LQ circ 05/01/09 : = 1 µg/l **Note :** NQE / LQ compatibles
PNEC chronique eau douce : 80 µg/L (INERIS, 2011)

Occurrence du benzène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés²⁸² du secteur 3 est de **80,3 g/j** (121 sites - 617 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance (sous-secteur 3.1)- 0 flux supérieur au seuil réduction.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le benzène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4 (lavage de citernes), et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de benzène de l'ensemble du secteur 3. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 (regroupement et traitement des déchets dangereux) au flux du secteur 3 (93%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur et traduit des situations particulières.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, le benzène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3. Le flux supérieur au seuil de surveillance constaté pour un établissement du sous-secteur 3.1 n'est pas représentatif des rejets l'ensemble des sites de ce sous secteur et reflète une situation particulière.

Traitabilité²⁸³

Dégradation par hydrolyse dans l'eau et les sédiments. (RMC, 2010) - Toutefois, l'INERIS signale qu'il n'existe pas de données expérimentales sur l'hydrolyse du benzène qui doit être négligeable en raison de sa stabilité chimique. (INERIS, 2006-b)

Les voies de dégradation ainsi que les sous-produits obtenus sont détaillés sur le site : http://www.genome.jp/kegg-bin/show_pathway?ko00361

Des traitements par adsorption pourraient être envisagés (INERIS, 2009).

Traitement par stripping : le stripping est un procédé particulièrement adapté pour les BTEX, pour lesquels on peut atteindre 99% de performances. (RMC, 2010)

Biodégradable (RMC, 2010). De nombreux essais de biodégradation aérobie et anaérobie sont décrits pour le benzène, montrant une grande variabilité des résultats. (INERIS, 2006-b)

²⁸¹ **NQE-MA** = valeur moyenne annuelle - **NQE-CMA** = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)

²⁸² Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

²⁸³ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE :** Substance prioritaire (directive 2008/105/EC - annexe III)
- **PBT :** Non listé (INERIS, 2011-b)
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)²⁸⁴**
 - Le benzène n'est pas concerné
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation (ECHA) :**
 - Le benzène ne fait pas partie de la liste de substances candidates pour être SVHC²⁸⁵
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²⁸⁶:
 - Substance soumise à restriction (annexe XVII)
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Flam. Liq. 2	H225	liquide inflammable, cat.de danger 2
Asp. Tox. 1	H304	danger par aspiration, cat. de danger 1
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
STOT SE 3	H336	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition unique, cat.de danger 3, Effets narcotiques
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an²⁸⁷
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001²⁸⁸**
 - annexe A : non concerné

²⁸⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

²⁸⁵ http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf

²⁸⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

²⁸⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

²⁸⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**²⁸⁹
 - Annexe 1 : le benzène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, traitement des déchets dangereux (en italique)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 1 µg/l.

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le benzène a été signalé comme naturellement présent dans des fruits et divers végétaux. (HSDB, 2012)

Le benzène est produit lorsque des composés riches en carbone subissent une combustion incomplète. Il est par exemple produit naturellement dans les volcans ou les incendies de forêts. Il est également présent dans la fumée de cigarette.

Les principaux composés benzéniques comme les chlorobenzènes, l'éthylbenzène, ne semblent pas se dégrader dans l'environnement aquatique en benzène. Cependant, une présence dans certains milieux de benzène résultant de la dégradation d'autres hydrocarbures polycycliques n'est pas à exclure. (INERIS, 2009)

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse / Production

Historiquement, le benzène est obtenu par distillation du charbon ou du pétrole. Il est principalement utilisé comme solvant dans les peintures, vernis, laques, carburants... Il peut aussi entrer dans la synthèse de produits phytosanitaires (parasiticide). (NBCI)

Actuellement il est obtenu dans les raffineries, principalement à partir de l'essence de pyrolyse ("pygas") et des essences de réformage ("reformates"). Le benzène peut aussi être récupéré dans les goudrons de houille ("coal tar"). Il est aussi possible de récupérer un mélange de BTX contenant 60% de benzène dans les gaz de cokerie ("coke oven gas"). (INERIS, 2009)

Le benzène peut aussi être produit par hydrodésalkylation du toluène. Dans ce cas, des mélanges de toluène et de xylène réagissent avec de l'hydrogène à des températures supérieures à 730°C et sont déméthylés pour produire du benzène et du méthane. (INERIS, 2006-b)

Le benzène peut être produit par transalkylation du toluène : deux molécules de toluène sont transformées en une molécule de benzène et une molécule d'un isomère de xylène. Cette voie de synthèse, économiquement moins rentable que les autres, n'est mise en œuvre qu'en cas de surproduction de toluène et de forte demande de benzène, et en particulier lorsque les prix du benzène et du xylène sont élevés. (HSDB, 2012)

²⁸⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Utilisation générale

La vente et l'utilisation du benzène sont réglementées.

Le benzène est principalement utilisé pour produire de l'**éthylbenzène** servant à la synthèse de styrène destiné à la fabrication de matières plastiques et d'élastomères. (INERIS, 2006-b)

Le benzène est un précurseur de la synthèse chimique de nombreux produits. Les dérivés du benzène sont principalement le styrène (synthèse des plastiques, des polymères, soit 50% du benzène utilisé), le **cumène** (précurseur du phénol, soit 21% du benzène utilisé), le phénol (résines, adhésifs), le cyclohexane (nylon, soit 13% du benzène utilisé), le nitrobenzène (précurseur de l'aniline), des nitrophénols, les alkylbenzènes, l'anhydride maléique et les **chlorobenzènes**. Le benzène est également utilisé pour produire de l'acétone utilisé comme solvant et dans l'industrie pharmaceutique. Ces substances sont utilisées pour la fabrication d'une vaste gamme de produits de large diffusion : des pneus, des polymères et caoutchoucs, des lubrifiants, des colorants, des additifs alimentaires, des parfums, des détergents, des médicaments, des solvants, des explosifs, des pesticides... ou encore comme additif antidétonant dans l'essence sans plomb. (INERIS, 2009) & (INERIS, 2006-b). Historiquement, le benzène a été utilisé comme fongicide (Miquel, 2003-b)

Dans l'industrie des cosmétiques, son usage est déclinant (voire abandonné). Dans le domaine de la pharmacie, le benzène reste utilisé comme solvant et réactif pour des productions spécifiques, concernant peu de sites industriels en France. (INERIS, 2009)

Comme sous-produit du pétrole, on retrouve naturellement le benzène dans la composition de l'essence automobile. (INERIS, 2006-b)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- L'utilisation spécifique du benzène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.
- Le benzène pourrait être présent dans des produits de nettoyage/dégraissage (INERIS, 2009) utilisés pour la maintenance des installations.

Regroupement, prétraitement des déchets dangereux

- Molécule potentiellement présente dans les déchets (RMC, 2010)

Lavage de citernes

- Molécule potentiellement présente dans les citernes et utilisée pour le nettoyage (RMC, 2010)

Utilisation dans les autres secteurs industriels

Raffinage

- Additif dans l'essence sans plomb à une concentration inf. à 1% (RMC, 2010)

Dépôts et terminaux pétroliers

- le benzène est présent dans le pétrole (RMC, 2010)

Lavage de citernes

- solvant dans les produits de nettoyage dégraissage (RMC, 2010)

Industrie de la chimie

- synthèse de produits: styrène via éthylbenzène, cumène, le cyclohexane, le nitrobenzène, nitrophénols, alkylbenzènes, anhydride maléique, chlorobenzène (RMC, 2010)
- pour production : polymères, détergents, parfums, colorants, additifs alimentaires, solvants, pesticides, explosifs, plastifiants, médicaments. (RMC, 2010)

Laboratoires

- Le benzène est utilisé comme solvant et réactif de laboratoire, en très petites quantités et son usage est déclinant. (INERIS, 2009). On pourra donc le retrouver dans les solvants usagés.

Secteur Industrie de l'imprimerie

- solvants, diluants (RMC, 2010)

Autres secteurs majoritaires : (RMC, 2010)

- synthèse de produits pour la production de caoutchouc, plastifiants
- peut être présent dans: imprimerie, peintures, produits de nettoyage/dégraissage
- apports atmosphériques des secteurs du raffinage, de la chimie, et des aciéries.
- rejets aquatiques indirects: rejets liés au trafic, utilisation domestique de produit contenant du benzène

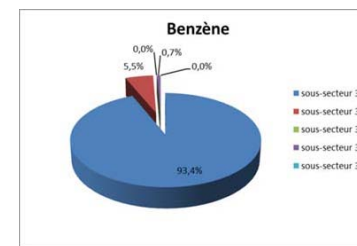
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Du benzène à des concentrations significatives a pu être détecté dans des lixiviats de décharges, mais les flux correspondants sont faibles. (INERIS, 2009)

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de benzène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **80,3 g/j**, (121 sites - 617 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 flux supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 28 sites (145 mesures - contributeur à 93,4% au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **74,9 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 69 sites (355 mesures - contributeur à 5,5% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **4,4 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 3 sites (18 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 11 sites (55 mesures - contributeur à 0,7% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,54 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 8 sites (44 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieurs aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01g/**

Répartition des flux en benzène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.4 Lavage de citernes

3.3 UIOM

3.2 Installations de stockage DND

3.5 Autres sites de traitement DND

Note : le benzène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de benzène de l'ensemble du secteur 3. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont donc pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux du secteur 3 (93%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur.

Le benzène n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le benzène fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.1. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de l'ensemble de ce sous-secteur pour cette substance ; en particulier, le flux supérieur au seuil de surveillance relève d'une situation particulière.

Note : cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Le projet AMPERES a montré que le benzène était détecté dans environ 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de benzène dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le benzène est détecté dans moins de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Le benzène est également présent dans des produits de préservation du bois dérivés du goudron, à une concentration inférieure à 1% ainsi qu'en tant qu'impureté dans de nombreux produits chimiques (produits photographiques, peintures, adhésifs). Le benzène peut donc être présent en théorie dans les rejets ou dans les boues des stations d'épuration urbaines mais les quantités sont probablement très faibles et quelques mesures faites sur des boues de stations d'épuration en Allemagne ont fourni des valeurs inférieures aux seuils de détection. (INERIS, 2009)

Présence dans les rejets industriels

Le benzène trouvé dans l'environnement provient essentiellement des activités de production, transport, combustion de l'essence, et des activités de production, stockage et transport du benzène. Les autres sources résultent de son utilisation en tant qu'intermédiaire de synthèse de produits chimiques, solvant, et de sa production indirecte par la combustion du charbon, la production de métaux non ferreux, les activités minières, le travail du bois, et par les industries textiles, ainsi que la combustion des cigarettes. (TOXNET)

Le benzène est a priori présent dans les rejets d'installations industrielles qui le produisent et de celles qui l'utilisent. Les rejets liés à l'utilisation seraient plus importants que ceux liés à la production de benzène. (INERIS, 2009)

Les résultats de la première campagne RSDE montrent que l'industrie de la chimie apparaît comme le principal émetteur de benzène avec des flux unitaires compris entre 0,1 et 100 g/j (INERIS, 2009)

Des rejets directs dans le milieu aquatique ont lieu suite à la production de benzène et de ses produits dérivés. Dans ces deux cas, les concentrations en benzène dans ces rejets sont en général de l'ordre ou inférieures au µg/l (Commission européenne, 2002 et Commission européenne, 2002/2003) cité par (INERIS, 2009).

Les rejets indirects, notamment liés au trafic et à l'utilisation domestique de produits contenant du benzène, sont très supérieurs aux rejets directs décrits ci-dessus. (INERIS, 2009)

Dans les rejets des systèmes d'évacuation des eaux pluviales de stations service et de dépôts de carburants, des concentrations pouvant être importantes (de l'ordre du mg/l) ont pu être détectées en Allemagne : ce type d'apports indirects pourrait donc conduire à des concentrations détectables dans les eaux de surface (RIZA, 2004) cité par (INERIS, 2009).

Des travaux ont montré la présence de benzène ainsi que d'autres hydrocarbures dans les cendres volantes de centrales thermiques. (Barthet, 2003). Ces substances peuvent donc être transportées vers le milieu par les eaux pluviales et la lixiviation des dépôts.

Présence dans l'environnement

Le benzène est présent naturellement à de très faibles concentrations dans l'environnement. Des sources sont les émanations de certaines plantes, la combustion de biomasse, donc, outre la combustion du bois, les feux de forêt. (INERIS, 2009)

Les rejets d'eaux usées et les décharges industrielles, les lixiviats de décharges ou de sols contaminés, les fuites de stockages enterrés d'essence peuvent être à l'origine de pollution de l'eau et du sol par le benzène. (INERIS, 2006-b)

Compartment atmosphérique

Le principal émetteur de benzène dans l'air est le secteur du résidentiel tertiaire du fait de la combustion de bois (MEEDDM, 2011). L'automobile est aussi en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanations lors du remplissage des réservoirs). (INERIS, 2006-b)

La fabrication du benzène et ses diverses utilisations, notamment la production d'éthylbenzène, de cumène et de cyclohexane, libèrent également du benzène dans l'atmosphère. Il en est de même, en quantités moindres, pour la fumée de tabac. (INERIS, 2006-b)

Les concentrations moyennes annuelles de benzène dans l'air extérieur relevées en France par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) sont comprises entre 1 µg/m³ en sites urbains de fond et plus de 10 µg/m³ en sites de proximité au trafic. Entre 1994 et 2001, les concentrations moyennes en sites urbains de fond ont été divisées par trois, alors qu'en sites de proximité du trafic, elles ont été globalement divisées par quatre. (INERIS, 2009)

La surveillance du benzène dans l'air est relativement récente (env. 2001) (MEEDDM, 2011). La présence du benzène dans l'air est suivie dans le cadre de plusieurs programmes nationaux et internationaux. Les données françaises sont disponibles sur Internet (www.atmonet.org) (INERIS, 2009-b)

Un rapport du Ministère de l'Environnement fait état de la confirmation d'une tendance à la diminution des niveaux de pollution constatés en benzène dans l'air (tendances 2000-2009) (MEEDDM, 2011)

Eau & sédiments

Le benzène est modérément volatil et soluble dans l'eau, on ne le retrouvera donc pas à des concentrations élevées dans les sédiments. (Bonnet, 2010)

Entre 1993 et 2000, le benzène n'a pas été détecté à des teneurs supérieures à 2 µg/l dans l'eau du Rhin (dans le cadre des mesures faites pour la Commission Internationale du Rhin). (INERIS, 2009)

Le benzène est recherché dans l'eau sur un grand nombre de stations du bassin Rhin-Meuse. En 2003, il n'a quasiment jamais été détecté à des valeurs supérieures au seuil de détection (0,2 µg/l). Il semble ne pas avoir été détecté dans les eaux souterraines suivies dans le cadre du RNB. (INERIS, 2009)

Sur le bassin Rhône-Méditerranée Corse, le benzène n'a été détecté dans l'eau que deux fois, à deux stations différentes, sur les 15 stations où il est suivi trimestriellement, depuis 1995. Sur les MES, il a été détecté à des valeurs maximales de quelques centaines de µg/kg (poids sec), sur 12 des 15 stations du réseau RNB, en général à plusieurs reprises. Il est également détecté sur une dizaine de stations supplémentaires à l'occasion d'études ponctuelles. Le benzène est également détecté dans les sédiments. (INERIS, 2009)

Sur les stations RNB du bassin Loire-Bretagne, le benzène n'est pas non plus mesuré à des quantités chiffrables dans les eaux de surface et n'a été quantifié dans des sédiments que sur un échantillon. (INERIS, 2009)

D'après les données partielles analysées, on peut avancer que, si le benzène semble rarement détecté dans les eaux superficielles, il est en revanche assez largement présent dans les MES et les sédiments des grands cours d'eau (INERIS, 2009), cependant, les données disponibles ne permettent pas une évaluation correcte de la concentration ubiquitaire de benzène dans les sédiments. (INERIS, 2006-b)

Le dernier rapport du Ministère de l'Environnement sur la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux en France pour la période 2007-2009 signale que la famille des benzènes et dérivés, avec surtout le toluène, est détectée dans les eaux souterraines de 3 bassins à des taux de quantification supérieurs à 1%: Rhin-Meuse (1,3%), Seine-Normandie (2,1%) et Loire-Bretagne (1,1%). Toutefois, le benzène et ses dérivés sont source de peu de dépassements de normes en métropole. (MEDDTL, 2011)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du benzène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 05* boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures

03 Déchets de la transformation du bois, de la production de panneaux, meubles, pâte à papier, papier, carton

- 03 03 Déchets provenant de la production et de la transformation de papier, carton et pâte à papier
 03 03 05 boues de désencrage provenant du recyclage du papier

04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

- 05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole
 05 01 05* hydrocarbures accidentellement répandus
 05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation ou des équipements

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 07 01 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 01 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 01 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 01 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 07 02 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 02 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 02 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 02 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

- 07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
 07 07 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 07 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 07 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 07 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 07 07 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
 08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des substances dangereuses

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
 12 01 06* huiles d'usinage à base minérale avec des halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 12 01 07* huiles d'usinage à base minérale sans halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
 12 01 09* émulsions et solutions d'usinage sans halogènes
 12 01 10* huiles d'usinage de synthèse
 12 01 14* boues d'usinage contenant des substances dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- 13 04 Hydrocarbures de fond de cale
 13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
 13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de môles
 13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation
- 13 05 Contenu de séparateurs eau / hydrocarbures
 13 05 01* déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau / hydrocarbures
 13 05 02* boues provenant de séparateurs eau / hydrocarbures
 13 05 03* boues provenant de déshuileurs
 13 05 06* hydrocarbures provenant de séparateurs eau / hydrocarbures
 13 05 07* eau mélangée à des hydrocarbures provenant de séparateurs eau / hydrocarbures
 13 05 08* mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau / hydrocarbures

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par des tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
- 16 01 03 pneus hors d'usage
 - 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 06 Piles et accumulateurs
- 16 06 04 piles alcalines (sauf rubrique 16 06 03)
- 16 07 Déchets provenant du nettoyage de cuves et fûts de stockage et transport (sauf chap. 05 et 13)
- 16 07 08* déchets contenant des hydrocarbures
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des substances dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des substances dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des substances dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
- 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des substances dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des substances dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
- 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 03* boues issues de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 05* boues issues de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 13* solvants
- 20 03 Autres déchets municipaux
- 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Le projet AMPERES a montré que la limite de quantification possible à atteindre pour le benzène dans les eaux usées, tant brutes que traitées avec un dosage en purge and trap GC-MS est de 0,1 µg/l (Coquery, et al., 2011)

Eaux (INERIS, 2006-b)**Prélèvements et conditionnement**

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacons scellés et ambrés type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction peut être réalisée par quatre méthodes :

- **par headspace (espace de tête)** : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- **par purge and trap** : l'échantillon d'eau est chauffé et balayé par un flux connu de gaz inerte, puis les vapeurs sont entraînées à travers un piège adsorbant solide, servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé sous balayage d'un flux connu de gaz inerte, pour entraîner une désorption des composés visés.
- **par extraction liquide/liquide** : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- **par SPME (Solid Phase Micro Extraction)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode head space et la méthode purge and trap. Le principe consiste à introduire une fibre de silice (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon scellé. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents en phase gazeuse vers la phase solide. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode head space (CG/FID, CG/MS). Les cinétiques d'absorption /désorption étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque fois (changement de matrice de l'échantillon) de bien optimiser ces paramètres. C'est cependant une méthode qui commence à être couramment utilisée (méthode intéressante pour faire un balayage rapide des échantillons à analyser).

Dosage

Quelle que soit la matrice (air, eaux, sol), le dosage du benzène se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse puis dans un deuxième temps par le dosage après détection par un des détecteurs FID, PID ou SM (spécificité croissante). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente.

EAUX (AQUAREF, 2011)**Prélèvements****Matériel de prélèvement :**

- Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever
- Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons
- Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner)
- Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire
- Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement
- Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Conditionnement**Flacons destinés à l'analyse :**

- Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé
- Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium
- Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8H à 500 °C)
- Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blancs de flaconnage)

Prélèvement et transport :

- Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête
- Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage. Remplir jusqu'au repère.
- Lors du prélèvement, éviter trop de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes par dégazage de la substance à échantillonner
- Pour neutraliser les gaz dissous dans la méthode à espace de tête, ajouter 7 à 8 g de carbonate de potassium pour 5 ml d'échantillon d'eau.
- Transporter les échantillons à 5±3°C à l'abri de la lumière, sous un délai de 24h.

Prétraitement

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse :

- pour la verrerie jaugée : à l'aide d'un agent nettoyant puis au solvant.
- pour la verrerie non jaugée par calcination à 500°C pendant 8h.

Avant analyse, si le flacon n'est pas le flacon d'analyse, transférer délicatement sans turbulence une partie de l'échantillon dans une fiole d'espace de tête et fermer le septum ou le couvercle à système serti, si l'analyse est réalisée en espace de tête. Ou extraire dans les 48h suivant le prélèvement si l'extraction est choisie.

Remise à température ambiante en vue de l'analyse.

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Les échantillons ne doivent pas être dilués, préférer étendre la fonction d'étalonnage pour éviter les pertes de substance.

Stockage / conservation

Les échantillons doivent être extraits dans les 48h après le prélèvement et doivent être conservés à 3 ± 2°C. Les extraits peuvent être conservés plus longtemps.

Dosage**Méthode de dosage**

- Espace de tête ou SPME (Micro-extraction sur phase solide) ou dégazage, piégeage et désorption thermique - chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS)
- Espace de tête ou dégazage, piégeage et désorption thermique - chromatographie en phase gazeuse - détecteur à ionisation de flamme (GC/FID)
- Extraction liquide-liquide - chromatographie en phase gazeuse - détecteur à ionisation de flamme (L/L-GC/FID)

Interférences :

Matières en suspension : Pour les composés volatils, le traitement de l'échantillon brut par filtration est à proscrire, les substances sont à rechercher sur l'eau brute.

Si les MES > 250 mg/l et réalisation d'une extraction liquide/liquide, répéter l'extraction 3 fois

Limite de détection :

Avec les méthodes HS ou SPME ou dégazage, piégeage et désorption thermique - GC / FID, le niveau NQE/3 est atteignable

Avec les méthodes L/L - GC / FID, le niveau NQE/3 n'est pas atteignable

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES**Norme NF ISO 11423-1 : Qualité de l'eau - Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques - Partie 1 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse de l'espace de tête (septembre 1997)**

Domaine d'application : Cette norme internationale s'adresse aux laboratoires ayant à doser le benzène et certains dérivés benzéniques **dans la plupart des types d'eaux** ; elle est susceptible de servir de référence dans la réglementation française relative à la qualité des eaux. Elle est applicable à la détermination du benzène dans des échantillons homogènes d'eau et d'eau résiduaire à des concentrations supérieures à 2 µg/l.

Principe : Un volume déterminé d'échantillon d'eau non filtrée est chauffé dans un flacon à septum étanche au gaz. Lorsque l'équilibre entre les phases gazeuse et liquide est atteint, un aliquote de la phase gazeuse est transférée dans un chromatographe en phase gazeuse. Le benzène et ses dérivés benzéniques doivent être identifiés de manière univoque. Dans le cas de détection de type PID ou FID, il est nécessaire d'avoir recours à deux colonnes de polarités différentes. Un autre moyen de confirmation est le couplage CG/SM.

Interférences :

- Des pertes de BTX (benzène, toluène, xylènes) peuvent se produire pendant l'échantillonnage, le transport, le stockage et la préparation des échantillons en raison de l'évaporation et de l'entraînement gazeux. Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.

- La méthode d'espace de tête permet de limiter les interférences dues aux matières en suspension ou aux émulsifiants. Cependant, la présence de solvant peut modifier l'équilibre normal avec la phase gazeuse, et la présence d'une seconde phase liquide empêche l'utilisation de la méthode d'espace de tête.

Incertitude usuelle :

Espace de tête GC-FID selon NF ISO 11423-1 : 15%
(à des concentrations de 6 à 20 µg/l - dans une matrice eau naturelle)

Limite de quantification usuelle (couramment constatée) :

Espace de tête GC/MS : LQ = 0,5 µg/l
SPME GC/MS : LQ = 0,5 µg/l
Espace de tête GC/FID : LQ = 0,5 µg/l

Norme NF ISO 11423-2 : Qualité de l'eau - Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques - Partie 2 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse après extraction liquide-liquide (juin 1997)

Limite de quantification usuelle : L/L-GC/FID : LQ = 5 µg/l (limite de quantification issue du domaine d'application de la norme)

Norme NF EN ISO15680 : Qualité de l'eau - Dosage par chromatographie en phase gazeuse d'un certain nombre d'hydrocarbures aromatiques monocycliques, du naphtalène et de divers composés chlorés par dégazage, piégeage et désorption thermique (janvier 2004)

Limite de quantification usuelle : dégazage, piégeage et désorption thermique GC/MS ou GC/FID : LQ = 1 µg/l (limite couramment constatée)

Méthode EPA 602 : Dosage des composés organiques dans les eaux de rejet industrielles ou municipales

Domaine d'application : Cette méthode "purge and trap" s'applique pour le dosage de composés aromatiques monocycliques volatils (dont le benzène). Elle est destinée aux eaux provenant de décharges municipales ou industrielles.

Principe : L'échantillon d'eau prélevé est transféré de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège adsorbant servant à récupérer les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.

Le dosage est effectué soit :

- par chromatographie gazeuse avec détection par ionisation de flamme selon la méthode EPA 602,
- par chromatographie gazeuse avec spectrométrie de masse selon la méthode EPA 624 : "Dosage des composés organiques dans des eaux de rejets industrielles ou municipales".

Sensibilité : La limite de détection est de 0,2 µg/l.

Interférences :

Des composés organo-volatils peuvent venir contaminer les échantillons au travers du septum par diffusion.

Les échantillons très chargés et faiblement chargés doivent être analysés de façon séquentielle.

Le gaz utilisé pour l'entraînement des COV et les lignes de gaz utilisées pour le barbotage ne doivent pas être à l'origine de phénomènes de relargage ; utiliser de préférence du téflon.

Méthode EPA 5030 A : Purge and trap (1992)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le benzène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Elle peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition au-dessous de 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau.

Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique, avec toutefois des limites de quantification (par GC ou GC/MS) approximativement 10 fois plus élevées.

Principe : La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-volatils (dont le benzène) par purge and trap.

Un gaz inerte barbote dans le flacon contenant l'échantillon d'eau à température ambiante : il se crée un équilibre thermodynamique entre la phase liquide et la phase gazeuse. Piégeage de la phase gazeuse sur colonne et désorption thermique.

La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- EPA 8021B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"
- EPA 8260A (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie en phase gazeuse avec colonne capillaire couplée à la spectrométrie de masse"

Sensibilité : Pour le benzène dans les échantillons d'eau de surface, la limite de quantification par la méthode de dosage EPA 8021B est de 1 µg/l et la limite estimée de quantification par la méthode EPA 8260A est de 5 µg/l.

Interférences :

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection.

Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions.

L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des appareils comprenant des pièces en caoutchouc doivent être évités.

Méthode EPA 3810 : Espace de tête statique (1986)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le benzène) dans diverses matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments.

Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés aromatiques volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 175°C.

La méthode dite "espace de tête statique" doit son nom à la technique mise en œuvre pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser.

La détection des organo-volatils (dont le benzène) peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes

- EPA 8021 B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"
- EPA 8240 B (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse".

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase liquide.

Principe : L'échantillon est placé dans un flacon scellé jusqu'à l'obtention d'un équilibre thermodynamique à 90°C. Une seringue prélève alors une fraction de la phase gazeuse et l'injecte directement dans le chromatographe.

Interférences :

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection. L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.

Eviter de passer des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, il faut laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

AUTRES METHODES DE DOSAGE DANS DES MATRICES DE L'ENVIRONNEMENT

Plusieurs méthodes de quantification du benzène dans des matrices de l'environnement sont décrites dans un dossier technique "Analysis of petroleum hydrocarbons in environmental media", depuis l'échantillonnage sur le terrain jusqu'aux méthodes de détection. Le principe des différentes méthodes de détection est détaillé et les interférences sont décrites avec précision. (QROS, 1998)

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution**

Pour certains rejets isolés de benzène, liés par exemple à l'industrie pharmaceutique, il n'y aurait pas de possibilité de substitution. En tant qu'intermédiaire de l'industrie chimique, le benzène semble également encore largement incontournable. (INERIS, 2009)

Pour certaines applications, en particulier ses propriétés de solvants, le benzène peut-être remplacé par l'isopropylbenzène, le 1,3,5-triméthylbenzène (mésitylène) (INP, 2010)

- **Secteur Raffinage**

Remplacé par éthanol : (RMC, 2010) L'introduction d'éthanol et d'ETBE (éthyl tertio butyl éther), dans les essences dans des proportions compatibles avec les exigences des moteurs actuels diminue les émissions de benzène de 10 à 20 %. Pour les véhicules diesel, on utilise la filière la filière des huiles végétales : l'EMHV (esters méthyliques d'huiles végétales). Note fiabilité : 3

Remplacé par le toluène (RMC, 2010) : Dans le domaine des solvants, le benzène a été remplacé par d'autres molécules comme le toluène, qui fait l'objet lui-même de substitutions car il s'agit aussi d'un composé dangereux pour les milieux aquatiques et visé par les Directives européennes sur l'Eau Note fiabilité : 3

- **Autres secteurs**

Dans certains cas, le benzène peut être remplacé par du chlorobenzène. (RMC, 2010)

Changement de process

- **Secteur utilisation de benzène pour la synthèse d'autres molécules** note fiabilité : 3

Par exemple, la synthèse de l'éthylbenzène peut être opérée à partir de butadiène, en passant par le vinylcyclohexène (Sengel dans (RMC, 2010)

- **En pharmacie**

Il n'y pas de substitut : un site utilise le benzène pour fabriquer des nitrophénols (et dont les rejets sont inférieurs à 1 kg/j ensuite utilisés pour produire du paracétamol. Cet industriel estime que la substitution du benzène ne serait pas économiquement viable et entrainerait la fermeture de l'atelier de production. (RMC, 2010)

Traitement par stripping

- **Secteur de la pharmacie** : le stripping est utilisé pour traiter les effluents aqueux en pharmacie. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010). Un site pharmaceutique français qui utilise le benzène comme solvant réactif indique cependant avoir tenté sans succès un traitement par stripping de ses effluents aqueux. (INERIS, 2009)

On soulignera que le simple transfert du benzène dans le compartiment atmosphérique ne peut pas être considéré comme un moyen efficace de réduction de la substance dans l'environnement.

Traitement par adsorption

Traitement envisagé, pas encore mis en place (très peu fiable) Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Certains auteurs évaluent à 95% l'élimination du benzène par adsorption dans un effluent contenant jusqu'à 80 mg/g de benzène. (Lesage, 2009)

Traitement biologique

Un traitement biologique classique montre des performances intéressantes notamment par stripping du benzène au niveau du bassin d'aération. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010) - Voir la remarque précédente sur le stripping.

Les mécanismes de biodégradation du benzène (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A (Jourdain, et al., 2007)

Concernant les rejets directs dans les milieux aquatiques, le benzène est significativement dégradé dans les stations d'épuration industrielles des raffineries et des sites pétrochimiques concernés, mais il n'y a pas de traitement spécifique mis en place. Les performances exactes et les marges de progression des traitements actuels ne sont pas connues. (INERIS, 2009)

Certains microorganismes ont montré qu'ils étaient capables de dégrader le benzène : *Achromobacter sp.* ; *Pseudomonas sp.* ; *Pseudomonas aeruginosa* ; *Pseudomonas putida*. (Landis, et al., 1999)

Des auteurs ont montré que si aucune culture pure n'avait la capacité de dégrader les BTEX en tant que seule source de carbone, les microorganismes en co-cultures sont plus efficaces. Par exemple, l'association de deux souches de *Pseudomonas putida* était optimale, l'une dégradant préférentiellement le benzène, le toluène et l'éthylbenzène, alors que l'autre utilisait le p-xylène et le o-xylène ainsi que le toluène comme substrat pour sa croissance. Ces auteurs suggèrent donc que la dégradation des BTEX est améliorée par des cultures bactériennes mixtes. (Lesage, 2009)

La dégradation des cycles aromatiques se déroule en deux phases; (Lesage, 2009)

- dihydroxylation du cycle aromatique, différente selon que le travail est réalisé par une cellule eucaryote ou procaryote.
- clivage du cycle aromatique dihydroxylé par une oxygénase avant d'être assimilé sous forme de pyruvate et d'acétaldéhyde ou sous la forme de succinate.

Des auteurs ont effectué récemment une revue des technologies mises au point pour éliminer les composés monoaromatiques d'effluents liquides contaminés. Les résultats des études citées mettent en lumière que **les réacteurs à biomasse fixée** concentrent l'essentiel des efforts récents de recherche, ce qui est sans doute dû au fait que ce type de réacteurs permet de maintenir une concentration en biomasse spécifique plus élevée, avec une vitesse de biodégradation plus élevée et une meilleure résistance à la toxicité. **La principale question soulevée par ces études est la contribution de la volatilisation dans ces procédés aérobies qui est souvent négligée.**

Cas des traitements par boues activées ; différentes études montrent, pour les substances volatiles comme les BTEX, que la biodégradation entre en compétition avec le phénomène de volatilisation dans les boues activées. (Lesage, 2009)

REFERENCES

- AQUAREF** Substances de la Directive Cadre Eau - Benzène [En ligne] // AQUAREF. - 2011. - <http://www.aquaref.fr>. - Méthodes d'analyses dans les eaux.
- Bonnet C.** Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html.
- Choubert J.-M. [et al.]** Evaluer les rendements des stations d'épuration - Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Revue] = Dossier : Micropolluants et eaux usées - les résultats du projet AMPERES // TSM - Techniques Sciences et Méthodes. - 2011. - n° 1/2 2011. - pp. pp 44-62.
- Choubert J.-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement** L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.
- Coquery M. [et al.]** Mesurer les micropolluants dans les eaux usées brutes et traitées - Protocoles et résultats pour l'analyse des concentrations et des flux [Revue] = Dossier : Micropolluants et eaux usées - les résultats du projet AMPERES // TSM - Techniques Sciences et Méthodes. - 2011. - n° 1/2 2011. - pp. pp 24-43.
- ECHA** European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.
- HSDB** Hazardous Substance Data Bank - Benzène [En ligne] // Toxnet. - 2012. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/?/temp/~rAjlav:1>.
- INERIS** Benzène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011-b. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>.
- INERIS** Benzène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-b. - mise à jour du 21/03/2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 74 pages.
- INERIS** Concentrations prévues sans effet dans l'environnement aquatique (PNECaqua), eau douce [En ligne] // INERIS Portail Substances Chimiques. - 2011-a. - consulté en janvier 2011. - URL à INSERER.
- INERIS** Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France [Rapport] : Rapport d'étude / Direction des Risques Chroniques. - 2009-b. - p. 113 pages. - N°DRC 08-94882-15772A.
- INERIS** Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.
- INERIS** Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006-a. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BL.
- INERIS** RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.
- INP** La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Actes du colloque « Conservation-Restauration et Sécurité des personnes », Draguignan, 3-5 février 2010,. - ISBN 978- 2- 9531978-1- 5..

- Jourdain M.-J. et Charissou A.-M.** Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.
- Lagarrigue C., RMC** L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .
- Landis W. G. et Yu M.-H** Environmental Toxicology - Impacts of chemicals upon Ecological systems [Ouvrage] / éd. Press CRC. - [s.l.] : Lewis Publishers, 1999. - 2d Edition : p. env. 450 pages. - ISBN 1-56670-265-8.
- Leleu J. et Triolet J.** Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.
- Lesage G.** Etude de l'élimination des substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation [Rapport] : Thèse de Doctorat / Génie des Procédés et de l'Environnement ; Université de Toulouse. - 2009. - p. 253 pages.
- MEDDTL** Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux - période 2007-2009 [Rapport] / Service de l'observation et des statistiques ; Commissariat Général au Développement Durable. - [s.l.] : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011. - p. 60 pages. - http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2011/E&D54_p53corrige_janv2012.pdf. - Etudes & Documents n°54 - octobre 2011.
- MEEDDM** Bilan de la qualité de l'air en France en 2009 et principales tendances au cours de la période 2000-2009 [Rapport] / Direction Générale de l'Energie et du Climat ; Ministère de l'Environnement. - 2011. - p. 47 pages. - En ligne : http://buldair.org/sites/default/files/Bilan_QA_2009.pdf.
- Miquel G.** Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France [Rapport] : Tome I - Rapport / Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. - 2003-a. - p. 195 pages. - Assemblée Nationale doc n°705 - Sénat doc n°215.
- Miquel G.** Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France [Rapport] : Tome II - annexes / Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. - 2003-b. - p. 293 pages. - Assemblée Nationale doc n°705 - Sénat doc n°215.
- NCBI** PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.
- QROS** Analysis of Petroleum hydrocarbons in environmental media [Rapport] = Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series - Volume 1 : Rapport technique / Quick Results On Site ; Air Force Research Laboratory - Operational Toxicology Branch. - [s.l.] : Amherst Scientific Publishers , 1998. - p. 98 pages.
- RMC agence de l'eau** Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.
- RMC** Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.
- TOXNET** Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/> .

<h2 style="margin: 0;">TOLUENE</h2>

DESCRIPTIF**Synonymes et noms commerciaux ²⁹⁰:**

- méthylbenzène - méthylbenzol
 - phénylméthane - toluol
 - méthacide
 - antisal 1a

Formule développée**Familles :**

Hydrocarbure aromatique monocyclique
COV
BTEX
Solvant
Dérivé du benzène

Formule semi-développée : C₇H₈**N° CAS : 108-88-3****Propriétés physico-chimiques :**

Masse molaire : 92,14 g/mol (IARC, 1989)
Solubilité dans l'eau : 515 mg/l à 20°C (IARC, 1989) 526 mg/l à 25°C (HSDB, 2012)
Pression de vapeur : 1,3kPa à 6,4°C (IARC, 1989)
 2,92 kPa à 20°C (INERIS, 2005c)
 3,77 kPa à 25°C (INERIS, 2005c)
Point éclair : coupelle fermée : 4°C (HSDB, 2012) 4,4°C (IARC, 1989)
 coupelle ouverte : 16°C (HSDB, 2012)
Temps de ½ vie dans le sol : de quelques heures à 71 jours (HSDB, 2012)
Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 4 jours en conditions aérobies (HSDB, 2012)
 56 jours en conditions anaérobies (HSDB, 2012)
Constante de Henry : 6,64 atm*m³/mol à 25°C (HSDB, 2012) (soit 673 Pa*m³/mol ²⁹¹)
Log Kow : 2,73 (HSDB, 2012) 2,75 (US-EPA, 1996)
 2,69 à 20°C (2,65 à 2,75) (INERIS, 2005c)
Koc : 166 (37 - 178) (HSDB, 2012) 182 - log Koc = 2,26 (US-EPA, 1996)
 100 (37 à 178) (INERIS, 2005c)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Le toluène n'est pas corrosif pour les métaux usuels (HSDB, 2012)
- Une réaction violente entre le dichlorure de soufre et le toluène a été décrite, elle est catalysée par le fer ou le trichlorure de fer et génère des surpressions susceptibles de faire éclater un réacteur (Leleu, et al., 2004) (INRS, 2012)
- Le toluène peut réagir violemment en présence d'acide sulfurique et d'acide nitrique (Leleu, et al., 2004), ainsi qu'avec le trifluorure de brome ; il peut réagir vivement avec les oxydants forts (risques d'explosion) (INRS, 2012)
- Certaines matières plastiques subissent des dégradations au contact du toluène : caoutchouc naturel, caoutchouc nitrile, polychloroprène, polyéthylène, PVC, mais pas les polymères fluorés. (INRS, 2012)
- Le toluène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type Wil-Flex™, polyuréthane, néoprène, Buna-N®, Nordel®, mais aussi avec le polypropylène et le propylène. ²⁹²
- Le toluène est moyennement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006) (HSDB, 2012)

²⁹⁰ Liste non exhaustive (672 synonymes recensés sur le site PubChem)²⁹¹ <http://www.convertworld.com/fr/pression/Pascal.html>²⁹² <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

Toxicité et écotoxicité :Eaux de surface intérieures NQEp : 74 µg/l (Circ. 2007-23 BOMEDD)²⁹³

LQ circ 05/01/09 = 1 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC eau douce : 74 µg/l (INERIS, 2005c)

Occurrence du toluène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés²⁹⁴ du secteur 3 est de **1 265 g/j** (151 sites - 792 mesures - 2 flux supérieur au seuil surveillance (sous-secteurs 3.1 et 3.5)- 0 flux supérieur au seuil réduction.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le toluène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets des sous secteurs 3.1 (regroupement et traitement des DD) et **3.4** (lavage de citernes). Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de toluène de l'ensemble du secteur 3. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives.

Bien que 1 flux supérieur au seuil surveillance ait été mis en évidence pour chacun d'eux, le toluène ne fait pas partie des cinq premières substances d'intérêt pour les sous-secteurs 3.1 et 3.5

Compte-tenu de ces données, le **toluène n'apparaît pas comme une substance d'intérêt pour les industries du secteur des déchets**

Traitabilité²⁹⁵

Biodégradable dans les sols (Jourdain, et al., 2007)

Adsorption : possible

Déshuilage/dégraissage + coagulation flottation (RMC, 2010) : Dans les raffineries de pétrole, on fait appel à ce type de traitement. Dans le cas d'un système API (American Petroleum Institute Separator) on peut atteindre des performances entre 90 et 95%. Toutefois cette technique suffit pas à atteindre les objectifs de la DCE et doit donc être complétée par un traitement de finition.

Traitement biologique : Dans le milieu aquatique, le toluène se dégrade aussi bien dans des conditions anaérobies que dans des conditions aérobies (Environnement Canada et Santé Canada, 1992).

Stripping : Le stripping est un procédé particulièrement adapté pour les BTEX, pour lesquels on peut atteindre 99% de performances. (RMC, 2010)

²⁹³ NQE provisoires - http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.2715

²⁹⁴ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

²⁹⁵ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC**²⁹⁶ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE²⁹⁷
 - Le toluène n'est pas concerné
- **Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)²⁹⁸
 - Le toluène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances²⁹⁹.
 - Le toluène est une substance soumise à restriction (annexe XVII) : " Ne peut pas être mis sur le marché ni utilisé en tant que substance ou comme constituant de préparations à une concentration égale ou supérieure à 0,1 % en masse dans les adhésifs et dans les peintures par pulvérisation destinés à la vente au public." (mesure applicable à partir du 15 juin 2007)
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :

Codes de danger :

Flam. Liq. 2	H225	Liquide et vapeurs très inflammables, cat.de danger 2
Repr. 2	H361d	Susceptible de nuire à la fertilité du fœtus
Asp. Tox. 1	H304	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration par les voies respiratoires cat. de danger 1
STOT RE 2	H373	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition répétée, cat.de danger 2,
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
STOT SE 3	H336	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition unique, cat.de danger 3, Effets narcotiques

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**³⁰⁰
 - Le toluène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau pour le toluène : 0 kg/an³⁰¹

²⁹⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

²⁹⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

²⁹⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

²⁹⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

³⁰⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

³⁰¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**³⁰²
 - Annexe 1 : le toluène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5 proscrit la filtration des effluents aqueux pour l'analyse du toluène
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 1 µg/l

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le toluène est naturellement présent dans les gisements de gaz naturel. (TOXNET)

Comme tous les hydrocarbures aromatiques, le toluène se forme naturellement lorsque des matières organiques sont exposées à des phénomènes de combustion ou de pyrolyse, par exemple lors de feux de forêts, d'éruptions volcaniques, ou dans la fumée de cigarettes. C'est également le cas lors de la combustion de biomasse pour le chauffage qui semble représenter une source importante de rejets de COV dans l'air, sans pouvoir quantifier les retombées indirectes dans les milieux aqueux (INERIS, 2006-b). Ces sources sont de moindre importance en comparaison avec les émissions anthropiques produites par les différents processus de conversion du pétrole. (INERIS, 2011)

Le toluène est le constituant principal des émissions gazeuses des cigarettes sans filtre (20 à 60 µg/cigarette) (HSDB, 2012)

Le toluène est également émis dans l'atmosphère lors de la volatilisation des carburants et des solvants et diluants à base de toluène. (IARC, 1989)

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse / Production

Le toluène est présent dans les huiles lourdes et dans les condensats recueillis lors de la production de gaz naturel. (INERIS, 2005c)

Le toluène est issu de la transformation de matières premières fossiles (pétrole, gaz et charbon). Il est produit en mélange avec d'autres substances (benzène, xylènes...) à la suite de différents procédés pétrochimiques tels que le reformage catalytique, le vapocraquage et la désalkylation. A la suite des opérations pétrochimiques, les fractions de mélange les plus riches en toluène vont être distillées et purifiées pour obtenir du toluène commercial pur à 99%. (INERIS, 2011)

³⁰² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Le toluène est essentiellement utilisé comme additif pour augmenter l'indice d'octane des carburants, comme solvant pour les peintures, enduits, revêtements, gommes, résines, huiles, caoutchoucs, et adhésifs, et aussi comme intermédiaire de synthèse de nombreuses substances chimiques (colorants, substances pharmaceutiques, détergents et explosifs). (IARC, 1989)

Pour l'augmentation de l'indice d'octane de l'essence automobile, le toluène est utilisé en mélange avec le benzène et le xylène, (INERIS, 2005c)

Impuretés :

Le toluène technique contient en général des traces de benzène (jusqu'à 25%) et d'autres hydrocarbures dont des HAP. (HSDB, 2012)

Utilisation générale

Du fait de ses multiples utilisations, le toluène est présent sur de nombreux sites industriels français. Une liste exhaustive serait impossible à établir dans le cadre de ces fiches, néanmoins, les plus gros consommateurs semblent être les entreprises de pétrochimie. (INERIS, 2011)

Synthèse des applications pour le toluène commercial (INERIS, 2011)

- synthèse de benzène : 32%
- utilisation en tant que solvant : 19%
- produits de dismutation³⁰³ du toluène (formation de composés en C6, ou C8, ou C9) : 16%
- synthèse de diisocyanate de toluène : 11%
- divers : 10%
- synthèse de phénol : 7%
- adjuvant pour carburant diesel : 3%
- synthèse de nitrotoluène / caprolactam / phtalates : 2%

Le toluène est un des principaux composants des essences sans plomb depuis le milieu des années 80 (jusqu'à 8,6%). Les carburants diesel contiennent également du toluène, mais dans des concentrations moyennes inférieures à 0,2% en masse. Les rejets de toluène issus des véhicules diesel sont donc négligeables par rapport aux rejets des véhicules à essence. Toutefois, au vu du parc des véhicules diesel circulant en Europe, ces quantités ne sont sans doute plus négligeables vis à vis d'autres sources de toluène émises dans l'environnement. (INERIS, 2011)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Le toluène pourrait être présent dans des produits de nettoyage/dégraissage (INERIS, 2009) utilisés pour la maintenance des installations.

Secteur des industries de la chimie

- Intermédiaire de synthèse pour la production de l'acide benzoïque, du benzaldéhyde, d'explosifs, de teintures, et de nombreux composés organiques. (HSDB, 2012)
- Intermédiaire réactionnel, solvant, agent d'extraction (INERIS, 2011)
- Synthèse du benzène et de l'uréthane (HSDB, 2012)
- Synthèse des dérivés du benzène, du caprolactame (fabrication de fibres synthétiques telles que le nylon®, le Perlon®, et de nombreux polymères), de la saccharine, de substances pharmaceutiques... (HSDB, 2012)

³⁰³ La dismutation est une réaction d'oxydo-réduction dans laquelle une espèce chimique joue à la fois le rôle d'oxydant et de réducteur.

Autres secteurs industriels

Industrie pétrochimique :

- Solvant (INERIS, 2011)

Industrie du papier :

- Fabrication et couchage du papier (HSDB, 2012)

Industrie des polymères :

- Régulateur de polymérisation (INERIS, 2011)

Industrie textile :

- Gommage des tissus (INERIS, 2011)

Laboratoires :

- Le toluène est utilisé comme solvant et réactif de laboratoire, en très petites quantités et son usage est déclinant. On pourra donc le retrouver dans les solvants usagés.

Industrie agrochimique :

- Intermédiaire réactionnel (INERIS, 2011)

Industrie électronique :

- Solvant (INERIS, 2011)

Industrie de l'imprimerie :

- Diluant pour encres de photogravure (HSDB, 2012)
- Encres d'imprimerie (HSDB, 2012)

Autres secteurs majoritaires :

- Fabrication des cuirs synthétiques (HSDB, 2012)
- Adhésifs, colles et ciments (HSDB, 2012)
- Antigels (HSDB, 2012)
- Agents détachants (HSDB, 2012)
- Cosmétiques (HSDB, 2012)
- Gommages, laques, vernis... (HSDB, 2012)
- Solvant des colle pour jouets plastiques et modélisme (HSDB, 2012)
- Fabrication de détergents (HSDB, 2012)
- Fabrication de stupéfiants et drogues illicites (HSDB, 2012)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Les résultats de la première campagne du RSDE (2002-2006) pour la région Rhône-Méditerranée font apparaître un flux en sortie de station d'épuration urbaine supérieur à 1 kg/j pour 6 substances dangereuses dont le toluène. (Lagarrigue, 2011)

Le toluène peut être émis dans l'environnement lors de sa production, de sa transformation (à savoir la fabrication d'autres substances chimiques), la formulation (mélange à d'autres substances) et de son utilisation. Le milieu atmosphérique est considéré comme le milieu récepteur privilégié vis-à-vis des rejets de toluène, principalement en raison de sa pression de vapeur élevée. Toutefois, des rejets vers les milieux aquatique et terrestre se produisent également. La principale source de rejet dans l'environnement est liée à la forte présence de toluène dans les essences. Dans ce cas, le toluène est émis soit directement lors de la vaporisation des essences (station essence, transport et stockage des carburants...), soit dans les gaz d'échappements des véhicules à essences (imbrûlés, volatilisation...). Les autres émissions proviennent des vapeurs de toluène utilisé comme solvant, des rejets de production et des rejets d'incinération. (INERIS, 2011)

Bien que le toluène puisse être présent de façon naturelle dans l'environnement (feu de forêt, pétrole brut...), les rejets sont essentiellement d'origine humaine. (INERIS, 2011)

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de toluène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1 265 g/j**, (151 sites - 792 mesures - 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 0 flux supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

Sous-secteur 3.1 : 33 sites (181 mesures - contributeur à **34,1%** au flux du secteur 3) 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **431,2 g/j**

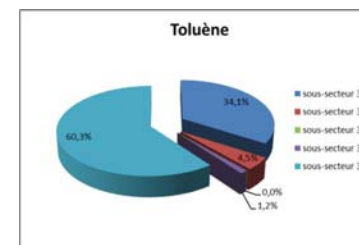
Sous-secteur 3.2 : 70 sites (355 mesures - contributeur à **4,5%** au flux du secteur 3) 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **56,5 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 18 sites (110 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 12 sites (60 mesures - contributeur à **1,2%** au flux du secteur 3) 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **15,0 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 6 sites (86 mesures - contributeur à **60,3%** au flux du secteur 3) 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **762,0 g/j**.

Répartition des flux en toluène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.3 UIOM

3.5 Autres sites de traitement DND

Note : le toluène est analysé systématiquement uniquement dans les rejets des sous-secteurs

3.1 et 3.4. Son analyse est préconisée au cas par cas dans les autres sous-secteurs. Les données ci-dessus ne peuvent pas être prises en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt, ni dans l'estimation des contributions respectives des sous secteurs 3.2, 3.3 et 3.5 au flux global du secteur 3.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le flux estimé en toluène est de 100 kg/jour en sortie de STEP. (Pojer, 2008)

Présence dans les autres rejets industriels

Par rapport à l'ensemble des rejets de toluène, ceux liés à sa production et son utilisation comme intermédiaire réactionnel dans l'industrie n'apparaissent pas comme très importants. Néanmoins, ces rejets industriels, même s'ils sont peu importants au regard de l'ensemble des rejets de toluène, constituent la principale source de rejets directs dans les milieux aquatiques. Les émissions industrielles proviennent essentiellement des industries chimiques et pétrochimiques. (INERIS, 2011)

Présence dans l'environnement

Le toluène est naturellement présent dans les produits pétroliers, dans l'asphalte et dans le naphte. (HSDB, 2012)

Le toluène étant un produit facilement biodégradable, il n'existe pas véritablement de pollution historique. Toutefois, on peut trouver des traces de toluène autour de lieux ayant subi des fuites d'hydrocarbures (stockage d'essence...) ou au niveau d'anciens sites ayant eu des activités impliquant l'utilisation de toluène. (INERIS, 2011)

Compartment atmosphérique

La présence du toluène dans l'air est suivie dans le cadre de plusieurs programmes nationaux et internationaux. Les données françaises sont disponibles sur Internet (www.atmonet.org). Une synthèse des données est présentée dans le document de l'INERIS. (INERIS, 2009-b)

Les émissions de toluène non industrielles proviennent pour l'essentiel de son utilisation, soit dans les essences, soit en tant que solvant (peinture, encre...). Le toluène est également émis lors de la combustion de biomasse pour le chauffage. Cette dernière source d'émission pourrait représenter une source importante de rejet de COV (INERIS, 2011)

Une fois dans l'atmosphère (par rejet direct ou par volatilisation à partir d'un autre milieu), le toluène se décompose principalement par réaction photochimique, entrant dans le cycle de formation de l'ozone. (INERIS, 2011)

Les concentrations moyennes atmosphériques en toluène dans les zones urbaines à l'échelle mondiale varient entre 2 et 200 µg/m³. Les concentrations les plus fortes sont enregistrées dans les zones urbaines avec un fort trafic routier. (INERIS, 2011)

Eau & sédiments

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de toluène dans les eaux de surface. (MEDDTL, 2011)

Le dernier rapport du Ministère de l'Environnement sur la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux en France pour la période 2007-2009 signale que la famille des benzènes et dérivés, avec surtout le toluène, est détectée dans les eaux souterraines de 3 bassins à des taux de quantification supérieurs à 1%: Rhin-Meuse (1,3%), Seine-Normandie (2,1%) et Loire-Bretagne (1,1%) (MEDDTL, 2011). Les mesures dans les eaux de surface européennes donnent des concentrations moyennes en toluène de l'ordre de 0,5 à 9 µg/l. (INERIS, 2011)

Le toluène ne s'adsorbe pas particulièrement aux matières en suspension ni aux sédiments. (HSDB, 2012)

Le toluène va atteindre les eaux souterraines en raison de sa solubilité. Le toluène semble être facilement biodégradable, aussi bien en conditions anaérobies qu'en conditions aérobies. Aucune durée de demi-vie précise n'est disponible, mais celle-ci est considérée comme inférieure à 1 jour. (INERIS, 2011)

Des mesures (entre 1985 et 2004) ont montré des concentrations en toluène dans l'eau de pluie allant de 0,13 à 0,70 µg/l. (INERIS, 2011)

Sols

La mobilité du toluène dans les sols est faible. Il est éliminé des sols superficiels essentiellement par volatilisation. Le toluène peut être biodégradé dans les sols de divers types. (HSDB, 2012)

Les principaux processus qui gouvernent le comportement du toluène dans l'environnement terrestre sont la volatilisation, la sorption, la biodégradation et le lessivage. (INERIS, 2011)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Des travaux ont montré la présence de toluène ainsi que d'autres hydrocarbures dans les **cendres volantes de centrales thermiques**. (Barthet, 2003) Ces substances peuvent donc être transportées vers le milieu par les eaux pluviales et la lixiviation des dépôts.

D'après les mesures réalisées en Europe dans les années 1990, les concentrations en toluène mesurées dans les boues de stations d'épuration sont comprises en moyenne entre 0,1 et 100 mg/kg avec des valeurs maximales pouvant atteindre 700 mg/kg. (INERIS, 2011)

Résumé des origines possibles du toluène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :****01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux**

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 05* boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures

03 Déchets de la transformation du bois, de la production de panneaux, meubles, pâte à papier, papier, carton

03 03 Déchets provenant de la production et de la transformation de papier, de carton et de pâte à papier

03 03 05 boues de désencrage provenant du recyclage du papier

04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

04 02 Déchets de l'industrie textile

04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques

04 02 19* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole

05 01 01* hydrocarbures accidentellement répandus

05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation ou des équipements

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base

07 01 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 01 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 01 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 01 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 01 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
- 07 02 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 02 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 02 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 02 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 02 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
- 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 03 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
- 07 07 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 07 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 07 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 07 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 07 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
- 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses
 - 08 01 13* boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis
- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
- 08 03 07 boues aqueuses contenant de l'encre
 - 08 03 12* déchets d'encres contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 14* boues d'encre contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 19* huiles dispersées

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
- 12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 07* huiles d'usinage à base minérale sans halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
 - 12 01 09* émulsions et solutions d'usinage sans halogènes
 - 12 01 10* huiles d'usinage de synthèse
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- 13 04 Hydrocarbures de fond de cale
- 13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
 - 13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de môles
 - 13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation
- 13 05 Contenu de séparateurs eau/hydrocarbures
- 13 05 01* déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 02* boues provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 03* boues provenant de déshuileurs
 - 13 05 06* hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 07* eau mélangée à des hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 08* mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
- 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
- 16 01 03 pneus hors d'usage
 - 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

- 16 06 Piles et accumulateurs
 16 06 04 piles alcalines (sauf rubrique 16 06 03)
- 16 07 Déchets provenant du nettoyage de cuves et fûts de stockage et de transport (sauf chap. 05 et 13)
 16 07 08* déchets contenant des hydrocarbures
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 13* solvants
- 20 03 Autres déchets municipaux
 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX (INERIS, 2005c)

Prélèvements et conditionnement

Collecte d'un échantillon représentatif dans un contenant en verre

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- ✓ **Par headspace** : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- ✓ **Par purge and trap** : le COV est transféré de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège adsorbant servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.
- ✓ **Par extraction liquide/liquide** : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- ✓ **Par SPME (Solid Phase Micro Extraction)** : cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode headspace et la méthode purge and trap. Le principe consiste à introduire une fibre de silice (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon scellé. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents en phase gazeuse vers la phase solide. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode headspace (CG/FID, CG/MS). Les cinétiques d'absorption / désorption étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque fois (changement de matrice de l'échantillon) d'optimiser ces paramètres.

Dosage

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse et dans un deuxième temps par détection à l'aide d'un détecteur FID ou SM (spécificité croissante). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente.

METHODE DE DOSAGE

EPA 5030A (1992) : Purge and Trap.

Domaine d'application : La méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (**dont le toluène**) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. La méthode EPA 5030A peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition au-dessous de 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau. Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique, toutefois, les limites de quantification (par GC ou GC/MS) sont approximativement 10 fois plus élevées.

La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-halogénés volatils (dont le toluène) par purge and trap.

La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes EPA suivantes :

- ✓ **EPA 8021B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"**, Pour le toluène, dans les échantillons d'eau de surface, la limite de quantification par méthode de dosage EPA 8021B est de 1 µg/L
- ✓ **EPA 8260A (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse avec colonne capillaire"**. Pour le toluène, dans les échantillons d'eau de surface, la limite de quantification par méthode de dosage EPA 8260A est de 5 µg/L.

Principe - Echantillon d'eau : un gaz inerte bulle dans le flacon contenant l'échantillon d'eau à température ambiante formant un équilibre entre la phase liquide et la phase gazeuse. Piégeage de la phase gazeuse sur colonne et désorption thermique

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection.
- Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions.
- L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des composés en caoutchouc doivent être évités.

EPA 3810 (1986) : Espace de tête statique

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le toluène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés aromatiques volatils dont le point d'ébullition est inférieur, 175°C.

La méthode est une technique espace de tête statique pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui **permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser**.

La détection des organo-volatils (dont le toluène) peut être effectuée selon les diverses méthodes EPA suivantes :

- ✓ **EPA 8021B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"**
- ✓ **EPA 8240B (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée, la spectrométrie de masse"**.

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase dissoute.

Principe : L'échantillon est placé dans un flacon scellé jusqu'à l'obtention d'un équilibre à 90°C. Une seringue prélève alors une fraction de la phase gazeuse et l'injecte directement dans le chromatographe.

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par la diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection. L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminant.
- Il faut éviter de passer des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

NF ISO 11423-1 – Qualité de l'eau – Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques - Partie 1 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse de l'espace de tête.

Domaine d'application

Cette méthode s'adresse aux laboratoires ayant à doser le benzène et certains dérivés benzéniques dans la plupart des types d'eaux, elle est susceptible de servir de référence dans la réglementation française relative à la qualité des eaux. Elle est applicable à la détermination du toluène dans des échantillons homogènes d'eau et d'eau résiduaire à des concentrations supérieures à 2 µg/L.

Principe

Un volume déterminé d'échantillon d'eau non filtrée est chauffé dans un flacon à septum étanche au gaz. Lorsque l'équilibre entre les phases gazeuse et liquide est atteint, une fraction aliquote de la phase gazeuse est transférée dans un chromatographe en phase gazeuse. Le benzène et ses dérivés benzéniques dont le toluène doivent être identifiés avec certitude. Dans le cas de détection de type PID ou FID, il est nécessaire d'avoir recours à deux colonnes de polarité différente. Un autre moyen de confirmation est le couplage CG/SM.

Interférences

- Des pertes de BTX (Benzène, Toluène, Xylènes) peuvent se produire pendant l'échantillonnage, le transport, le stockage et la préparation des échantillons en raison de l'évaporation et de l'entraînement gazeux.
- Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.

La méthode d'espace de tête permet de limiter les interférences dues aux matières en suspension ou aux émulsifiants. Cependant, la présence de solvant peut modifier l'équilibre normal avec la phase gazeuse, et la présence d'une seconde phase liquide empêche l'utilisation de la méthode d'espace de tête.

Méthode EPA 602 – Dosage des composés organiques dans des eaux de rejets industriels ou municipales.

Domaine d'application

Cette méthode s'applique pour le dosage de composés aromatiques volatils (dont le toluène). Elle est destinée aux eaux provenant de décharges municipales ou industrielles. La limite de détection est de 0,2 µg/L.

Le dosage est effectué soit :

- ✓ Par chromatographie gazeuse avec détection par ionisation de flamme (méthode EPA 602).
- ✓ Par chromatographie gazeuse avec spectrométrie de masse selon la méthode EPA 624 :
« Dosage des composés organiques dans des eaux de rejets industriels ou municipaux ».

Principe

L'échantillon d'eau prélevé est transféré efficacement de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège adsorbant servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.

Interférences

- Des composés organiques volatils peuvent contaminer l'eau lorsqu'ils sont stockés dans des flacons non étanches.
- Le gaz inerte doit être pur et les tubes servant à le véhiculer doivent être exempts de Téflon®.

AUTRES METHODES DE DOSAGE DANS DES MATRICES DE L'ENVIRONNEMENT

Plusieurs méthodes de quantification du toluène dans des matrices de l'environnement sont décrites dans un dossier technique "Analysis of petroleum hydrocarbons in environmental media", depuis l'échantillonnage sur le terrain jusqu'aux méthodes de détection. Le principe des différentes méthodes de détection est détaillé et les interférences sont décrites avec précision. (QROS, 1998)

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Amélioration des procédés - tous secteurs confondus**

De façon générale, le meilleur moyen pour réduire les rejets de COV et donc de toluène est de limiter avant tout leur utilisation et donc d'agir à la source de la pollution. Pour cela plusieurs solutions sont envisageables lorsque le toluène est en particulier employé comme solvant. Il est tout d'abord important de développer des bonnes pratiques au sein des unités utilisant des solvants (INERIS, 2006-b) :

- bon entretien des équipements ;
- confinement des machines pour organiser des circuits fermés ;
- optimisation des procédés de nettoyage utilisant les solvants (rinçage à contre courant) ;
- récupération et recyclage des solvants dans les procédés chimiques.
- sensibilisation et formation du personnel vis à vis de la pollution des COV
- récupération des vapeurs (INERIS, 2011)

Produits de substitution

Pour le toluène utilisé en tant que solvant, de nombreuses entreprises proposent aujourd'hui des produits sans solvants dangereux servant à divers usages (décapages, peintures, nettoyage des surfaces, dégraissage) à base de solvants oxygénés ou à base végétale en substitution de diluants comme le xylène ou le toluène. Des entreprises ont développé des agro-solvants ou remplacent le toluène par une gamme naphthénique à haut pouvoir solvant. Il existe donc de nombreuses solutions de substitution du toluène lorsqu'il est employé comme solvant. Toutefois, avant de faire de telles substitutions, il est important de vérifier si le nouveau procédé ou le nouveau produit utilisé aura moins d'impacts sur l'environnement que le toluène. (INERIS, 2011)

Substitution du toluène par des substances moins dangereuses:

- ✓ Pour certaines applications, en particulier ses propriétés de solvants, le toluène peut-être remplacé par l'isopropylbenzène, le 1,3,5-triméthylbenzène (mésitylène) (INP, 2010)
- ✓ Pour ses propriétés décapantes de peintures, dégraissage de supports variés, le toluène peut être remplacé par des solvants de nouvelle génération tels que les esters d'acides dicarboxyliques ("dibasic esters" ou "DBE"), le d-limonène ou la N-méthyl-2-pyrrolidone ("NMP"). (Begin, et al., 1999)
- ✓ **Dans le secteur de la Chimie** : En tant qu'intermédiaire réactionnel, il apparaît très difficile de substituer le toluène par d'autres composés. En effet, les composés aromatiques sont à la base d'une très grande quantité de produits chimiques, et la substitution du toluène ne pourrait se faire que par d'autres composés aromatiques (benzène, chlorobenzène...) également préoccupants pour les milieux aquatiques. (INERIS, 2011)

Traitement par déshuilage dégraissage (puis flottation-coagulation)

Ce traitement, particulièrement adapté aux effluents des raffineries de pétrole, permet d'extraire des matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau comme c'est le cas pour les hydrocarbures. Dans le cas d'un système API (American Petroleum Institute separator), on peut atteindre des performances se situant entre 90 et 95 % (INERIS, 2011)

Traitement par stripping

Le stripping est adapté aux polluants volatils. Ce procédé correspond à l'entraînement de produits volatils dissous dans l'eau par l'action d'un autre gaz. Les produits ainsi récupérés peuvent être soit réutilisés dans les processus de fabrication, soit détruits par combustion dans un four ou récupérés dans des solutions où ils sont fixés et/ou oxydés. Ce procédé est particulièrement efficace pour les hydrocarbures aromatiques (BTX) pour lesquels on peut atteindre 99% de performances. (INERIS, 2006-b)

Traitement par charbon actif

Les procédés par adsorption sur charbon actif sont possibles dans le cas où les polluants sont peu concentrés. Un tel procédé permet par exemple de traiter jusqu'à 95% d'un effluent contenant jusqu'à 80 mg/g de benzène. (INERIS, 2011)

Traitement par les stations d'épurations urbaines

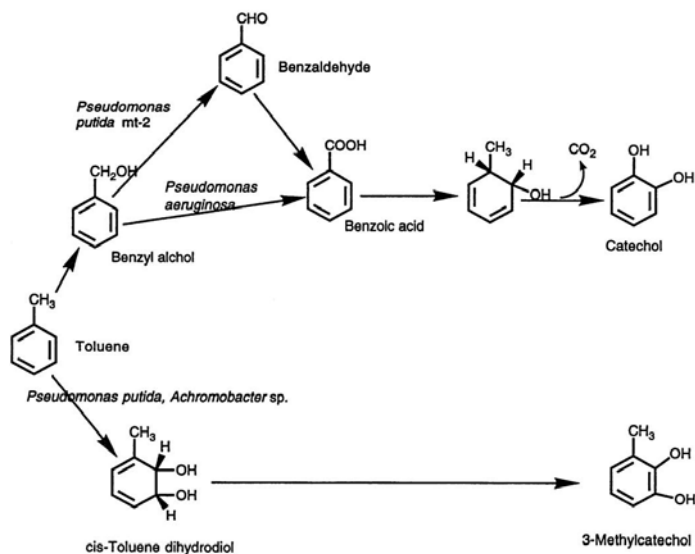
Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, on a constaté que le taux d'élimination du toluène dans le rejet des STEP avec traitement biologiques était de près de 75% alors qu'il était de 25% pour les traitements physico-chimiques.

Certains microorganismes ont montré qu'ils étaient capables de dégrader le toluène. C'est le cas de *Achromobacter sp.* ; *Pseudomona sp.* ; *Pseudomonas aeruginosa* et *Pseudomonas putida*. (Landis, et al., 1999)

La biodégradation du toluène débute soit par un processus d'hydroxylation du radical méthyl, avec production de benzyl alcool, puis de catéchol, rapidement intégré à d'autres chaînes métaboliques, soit d'hydrolyse directe du cycle benzénique avec production finale de catéchol. Ces voies de dégradation bactérienne sont schématisées de la façon suivante (Landis, et al., 1999) :

Bacterial Degradation of Toluene



Adapted from Rochkind et al 1986.

Des auteurs ont montré que si aucune culture pure n'avait la capacité de dégrader les BTEX en tant que seule source de carbone, les microorganismes en co-cultures sont plus efficaces. Par exemple, l'association de deux souches de *Pseudomonas putida* était optimale, l'une dégradant préférentiellement le benzène, le **toluène** et l'éthylbenzène, alors que l'autre utilisait le p-xylène et le o-xylène ainsi que le toluène comme substrat pour sa croissance. Ces auteurs suggèrent donc que la dégradation des BTEX est améliorée par des cultures bactériennes mixtes. (Lesage, 2009)

D'autres travaux sur la dégradation des BTEX par un champignon (*Cladophialophora* sp. souche T1) montrent l'aptitude de cet organisme, tout comme celle des bactéries, à dégrader ces molécules, excepté le benzène, par assimilation et cométabolisme. Le **toluène** et l'éthylbenzène servent alors de source de carbone et d'énergie alors que le xylène est cométabolisé. (Lesage, 2009)

Cas des traitements par boues activées

Différentes études montrent, pour les substances volatiles comme les BTEX, que la biodégradation entre en compétition avec le phénomène de volatilisation dans les boues activées. (Lesage, 2009)

REFERENCES

AQUAREF AQUAREF [En ligne]. - 2012. - <http://www.aquaref.fr>. - Aucune information concernant l'analyse de cette substance à la date de consultation .

Barthet L. Contribution de l'évaluation de l'impact sur les écosystèmes de la valorisation de résidus de procédés thermiques en BTP [Rapport] : Thèse de doctorat / Ecole de Chimie de Lyon - Sciences et Techniques du Déchet. - Lyon : [s.n.], 2003. - p. 218 pages. - Thèse préparée à l'ENTPE.

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coillie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P_12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Bertrand-Krajewski J-L. 2ème conférence Eau et Santé - Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 9 octobre 2008 - Villeurbanne. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Bonnet C. Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : [www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html](http://www.lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html).

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Da Silva Nunes-Halldorson N., Steiner R. L. et Smith G. B. Residual toxicity after biodegradation: interactions among benzene, toluene and chloroforme [Revue] // Ecotoxicology and Environmental Safety / éd. Press Academic. - 2004. - n°57. - pp. 162-167. - disponible en ligne sur www.sciencedirect.com.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Toluène [En ligne] // Toxnet. - 2012. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~BvDmWV:1>.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Toluène [Revue]. - 1989. - Vol. monographie 71. - p. 36 pages. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71-36.pdf>.

ILO Hydrocarbures aromatiques halogénés [En ligne] // ILO - Organisation Mondiale du travail. - 2011. - 2011. - http://www.ilo.org/safework_bookshelf/french?content&nd=857171274. - SafeWork Bookshelf.

INERIS Concentrations prévues sans effet dans l'environnement aquatique (PNECaqua), eau douce [En ligne] // INERIS Portail Substances Chimiques. - 2011. - consulté en janvier 2011. - URL à INSERER.

INERIS Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France [Rapport] : Rapport d'étude / Direction des Risques Chroniques. - 2009-b. - p. 113 pages. - N°DRC 08-94882-15772A.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLe.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INERIS Toluène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005c. - 50 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>.

INERIS Toluène - Données technico-économiques [En ligne] // RSDE - Action Nationale de Recherche et de Réduction de Rejets de Substances Dangereuses dans les eaux. - INERIS, 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 43 pages.

INERIS Xylène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-b. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 29 pages.

INRS FT n°74 // Toluène. - 2012. - 11 pages.

Jourdain M.-J. et Charissou A.-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence T1958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Lagarrigue C., RMC L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .

Landis W. G. et Yu M.-H Environmental Toxicology - Impacts of chemicals upon Ecological systems [Ouvrage] / éd. Press CRC. - [s.l.] : Lewis Publishers, 1999. - 2d Edition : p. env. 450 pages. - ISBN 1-56670-265-8.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Lesage G. Etude de l'élimination des substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation [Rapport] : Thèse de Doctorat / Génie des Procédés et de l'Environnement ; Université de Toulouse. - 2009. - p. 253 pages.

MEDDTL Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux - période 2007-2009 [Rapport] / Service de l'observation et des statistiques ; Commissariat Général au Développement Durable. - [s.l.] : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011. - p. 60 pages. - http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2011/E&D54_p53corrigee_janv2012.pdf. - Etudes & Documents n°54 - octobre 2011.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem Toluene [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2012. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=1140>.

QROS Analysis of Petroleum hydrocarbons in environmental media [Rapport] = Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series - Volume 1 : Rapport technique / Quick Results On Site ; Air Force Research Laboratory - Operational Toxicology Branch. - [s.l.] : Amherst Scientific Publishers , 1998. - p. 98 pages.

RF circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau) [Bulletin Officiel du 28 juillet 2005] // en application de la directive européenne 2000/60/DCE du 23 octobre 2000, ainsi qu'à la démarche à adopter pendant la phase transitoire (2005-2007). - 12 2005. - Circulaire DE / MAGE / BEMA 05 / n° 14. - p. 17 pages. - circulaire DCE 2005/12.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

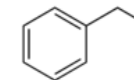
TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/> .

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

ETHYLBENZENE

DESCRIPTIF**Synonymes :**

- | | |
|----------------|-------------------|
| - éthylbenzol | - α-méthyltoluène |
| - éthylbenzène | - éthylbenzène |
| - phényléthane | - phényléthane |
| - styrène | - EB |

Formule développée

Familles :
Hydrocarb. aromatique monocyclique
BTEX
Composé organique volatil (COV)

Formule semi-développée : C₈H₁₀**N° CAS :** 100-41-4**Propriétés physico-chimiques :**

Masse molaire : 106,17 g/mol (IARC, 2000) 106,16 g/mol (HSDB, 2005)
Solubilité dans l'eau : à 20°C : 152 mg/l (IARC, 2000) (INERIS, 2005) 150 mg/l (NIOSH, 2006)
à 25°C : 169 mg/l (HSDB, 2005) 175 mg/l (INERIS, 2005)
Pression de vapeur : à 25°C : 1,28 kPa (IARC, 2000) (HSDB, 2005) 1,27 kPa (INERIS, 2005)
à 20°C : 0,9 kPa à 20°C (NIOSH, 2006) 0,944 kPa (INERIS, 2005)
Point éclair : 18°C coupelle fermée (NIOSH, 2006)
Temps de ½ vie dans le sol : aucune information disponible (INERIS, 2005)
Temps de ½ vie dans l'eau de surface : estimée à 40 jours (INERIS, 2005)
Constante de Henry : à 25°C : 798,44 Pa/m³/mol (HSDB, 2005) 820 Pa/m³/mol (INERIS, 2005)
à 20°C : 775 Pa/m³/mol (INERIS, 2005)
Log Kow : 3,14 (US-EPA, 1996) 3,15 (IARC, 2000) (HSDB, 2005) 3,2 (NIOSH, 2006)
Koc : 363 l/kg (US-EPA, 1996) 241,9 l/kg (INERIS, 2005)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Réagit avec les oxydants forts (NIOSH, 2006) (HSDB, 2005)
- Attaque le plastique et le caoutchouc (NIOSH, 2006)
- Moyennement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006-c)
- L'éthylbenzène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type Wil-Flex™, néoprène, polyuréthane, Buna-N®, Nordel®, mais aussi avec le polypropylène et le polyfluorure de vinylidène (PVDF).³⁰⁴
- Les vapeurs d'éthylbenzène sont plus denses que l'air et peuvent réagir violemment au contact d'une source de chaleur ou d'une étincelle (HSDB, 2005)
- La décomposition thermique peut mener à un dégagement de CO, de CO₂, d'aldéhydes, d'acides carboxyliques, et d'autres composés organiques (CSST, 2007)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

En milieu aérobie et en présence de *Pseudomonas* sp. : cis-2,3-dihydroxy-2,3-dihydroéthylbenzène, 2,3-dihydroxy-éthylbenzène, 2-hydroxy-6-oxo-octa-2,4-diénoate, propanoate et 2-hydroxypenta-2,4-diénoate ; styrène ; (S)-1-phényléthyl alcool, acétophénone, 2-hydroxy-acétophénone (UM, 2012)

En milieu anaérobie : 1-phényléthanol, acétophénone, benzoyle acétate, benzoyl-acétyl-CoA, benzoyl-CoA et acétyl-CoA (UM, 2012)

Impuretés :

Les principales impuretés de l'éthylbenzène sont le toluène et les xylènes, et, dans une moindre mesure : le phénol, le thiophène, le disulfure de carbone, l'acétylnitrile, et la pyridine (HSDB, 2005) ainsi que le cumène, le n-propylbenzène, l'éthyltoluène (IARC, 2000).

³⁰⁴ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures NQEp : 20 µg/l (Circ. 2007-23 BOMEDD)³⁰⁵

LQ circ 05/01/09 = 1 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC_{eau douce} : 22 µg/l (INERIS, 2005)

PNEC_{sédiment} : 301 µg/kg poids sec (INERIS, 2005)

Occurrence de l'éthylbenzène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés du secteur³⁰⁶ 3 est de **78,8 g/j** (58 sites - 304 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

L'éthylbenzène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'éthylbenzène de l'ensemble du secteur 3. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux du secteur 3 (73%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur et traduit des situations particulières.

Selon ces données (absence de flux supérieur aux seuils), et compte-tenu de leur manque de représentativité, l'éthylbenzène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité³⁰⁷

Traitement possible par coagulation/floculation/séparation : Dans les raffineries de pétrole, il est fait appel à des procédés de déshuilage et dégraissage associés généralement à des procédés de flottation et de coagulation. Un système API (American Petroleum Institute separator) des performances entre 90 et 95% sont annoncées.

Traitement possible par adsorption.

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité. Généralement en amont d'un traitement biologique. Le procédé d'oxydation par voie humide est cité comme un traitement adapté aux polluants volatils. (Boeglin, J.L., 1998) dans (INERIS, 2006).

Traitement par stripping

Oxydation thermique – incinération

Biodégradation : avec boues activées

³⁰⁵ NQE provisoires - http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.2715

³⁰⁶ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

³⁰⁷ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC**³⁰⁸ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE³⁰⁹
 - L'éthylbenzène n'est pas concerné
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)³¹⁰
 - L'éthylbenzène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances³¹¹:
 - L'éthylbenzène n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :		Codes de danger :
Flam. Liq. 3	H225	liquide et vapeurs très inflammables, cat.de danger 3
Acute Tox. 4	H332	Nocif par inhalation, cat.de danger 4,
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**³¹²
 - L'éthylbenzène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau pour l'éthylbenzène : 0 kg/an³¹³
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**³¹⁴
 - Annexe 1 : l'éthylbenzène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, traitement des déchets dangereux (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 1 µg/l.

³⁰⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0060:FR:NOT>

³⁰⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

³¹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

³¹¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

³¹² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

³¹³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

³¹⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**Production naturelle**

L'éthylbenzène est une substance naturelle synthétisée par les végétaux ; on en trouve par exemple dans les peaux des agrumes, dans les feuilles de persil ainsi que dans d'autres légumes. (IARC, 2000)

Production anthropique involontaire

L'éthylbenzène est présent dans les huiles minérales brutes, dans les produits pétroliers raffinés et dans les produits de combustion (INERIS, 2005) dont le charbon de chauffage (HSDB, 2005).

Comme tous les hydrocarbures aromatiques, l'éthylbenzène se forme naturellement lorsque des matières organiques sont exposées à des phénomènes de combustion ou de pyrolyse, par exemple lors de feux de forêts, d'éruptions volcaniques, ou dans la fumée de cigarettes. C'est également le cas lors de la combustion de biomasse pour le chauffage qui semble représenter une source importante de rejets de COV dans l'air, sans pouvoir quantifier les retombées indirectes dans les milieux aqueux (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b).

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

L'éthylbenzène est un isomère du xylène.

Le reformage catalytique ou le craquage pyrolytique de matières premières brutes issues du pétrole génère des mélanges d'isomères du xylène, d'éthylbenzène et d'autres composés aromatiques qui sont ensuite séparés par des distillations successives. (INERIS, 2005)

L'éthylbenzène est produit essentiellement par alkylation du benzène avec de l'éthylène. Deux procédés peuvent être utilisés : l'alkylation de la phase liquide, et l'alkylation de la phase vapeur.

- L'alkylation de la phase liquide est opérée en présence de chlorure d'aluminium. Le chlorure d'éthylène ou l'acide chlorhydrique utilisé comme promoteur permet de réduire la consommation de chlorure d'aluminium. L'éthylbenzène est produit en grande partie avec ce procédé. (INERIS, 2005)
- L'alkylation de la phase vapeur (procédé "Alkar") permet d'obtenir de l'éthylbenzène de pureté élevée. Le trifluorure de bore est utilisé comme catalyseur. Ce procédé permettant d'utiliser une alimentation relativement pauvre en éthylène (une fraction molaire de 8 à 10 % suffit) est adapté à l'utilisation de flux gazeux provenant de raffineries et de fours à coke. Une autre méthode d'alkylation de la phase vapeur (procédé "Mobil-Badger") utilisant essentiellement de la silice et de l'alumine comme catalyseurs est aussi adapté à une alimentation peu concentrée en éthylène (INERIS, 2005) ; dans ce procédé, des zéolites (ZSM-5) peuvent être utilisés comme catalyseur (HSDB, 2005).

L'éthylbenzène peut aussi être préparé à partir d'acétophénone ou encore par fractionnement direct au cours du procédé de fabrication des xylènes, du benzène ou du toluène (HSDB, 2005).

Note : le xylène technique contient jusqu'à plus de 25% d'éthylbenzène, on le retrouvera donc, de façon non intentionnelle, dans des peintures, laques, encres d'imprimerie, insecticides, et solvants dans les industries des colles et gommes. (IARC, 2000)

Utilisation générale

L'éthylbenzène industriel est utilisé principalement (>99%) pour la **fabrication du styrène** (et des polystyrènes). On notera que la production de styrène à partir de l'éthylbenzène consomme environ 50% de la production mondiale de benzène (IARC, 2000). Le styrène est principalement utilisé pour produire du polystyrène, des matières plastiques, des résines et du caoutchouc synthétique. (RECORD, 2012) (INERIS, 2005)

Les autres utilisations de l'éthylbenzène sont : **solvant pour les peintures et les laques**, intermédiaire chimique pour la **fabrication du diéthylbenzène, de l'acétophénone, de l'éthyl-anthraquinone, de l'oxyde de propylène et de diverses substances**. (INERIS, 2005)

L'éthylbenzène est aussi utilisé comme solvant dans des peintures et comme **additif antidétonant dans l'essence** automobile [environ 2 % en poids (INERIS, 2005)] et les carburants pour avions. (IARC, 2000)

En tant que dérivé pétrolier, on peut retrouver de l'éthylbenzène **dans l'asphalte et le naphta** utilisés pour les routes. (INERIS, 2006-a)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique de l'éthylbenzène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Raffinage :**

- additif dans l'essence à une concentration allant de moins de 1% jusqu'à 2,7% (IARC, 2000) - environ 2% en poids (INERIS, 2005)

Lavage de citernes

- solvant pour les peintures, les vernis et les laques (RECORD, 2012)

Industrie de la chimie :

- fabrication du styrène
- synthèse de produits à base de xylène technique : vernis, laques, peintures, insecticides, encres, matières plastiques, colles et gommes. (IARC, 2000)
- intermédiaire chimique pour la fabrication du diéthylbenzène, de l'acétophénone, de l'éthylanthraquinone, de l'oxyde de propylène, de l'acétate de cellulose et de diverses substances (RECORD, 2012)

Laboratoires :

- Solvant utilisé dans les laboratoires d'histologie (IARC, 2000)

Secteur Industrie de l'imprimerie :

- Encres à base de xylène technique (IARC, 2000)

Autres secteurs majoritaires :

- L'éthylbenzène est utilisé comme solvant photorésistant cathodique dans l'industrie des semi-conducteurs (IARC, 2000)
- Produit de nettoyage pour l'automobile (CSST, 2007)

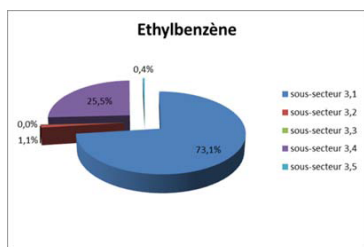
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés d'éthylbenzène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **78,8 g/j**, (58 sites -304 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 27 sites (148 mesures - contributeur à **73,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **57,6 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 8 sites (35 mesures - contributeur à **1,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,87 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 2 sites (12 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 11 sites (57 mesures - contributeur à **25,5%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **20,1 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 9 sites (52 mesures - contributeur à **0,4%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,3 g/j**.

Répartition des flux en éthylbenzène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : l'éthylbenzène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'éthylbenzène de l'ensemble des sous-secteurs. Les contributions respectives des flux de chaque sous-secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux d'éthylbenzène du secteur 3 (73%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur, mais plutôt comme le reflet de situations particulières.

Présence dans les effluents d'autres secteurs industriels

L'éthylbenzène est avant tout utilisé comme intermédiaire réactionnel. Les rejets d'origine industrielle représentent donc une proportion importante des rejets d'éthylbenzène. Ils sont d'ailleurs la principale source d'émissions directes d'éthylbenzène dans les milieux aquatiques. (INERIS, 2006-a)

Note : En région Rhône-Alpes, où deux inventaires des rejets de micropolluants, par des établissements industriels, ont été réalisés en 1993 et 1998, on constate une baisse des émissions d'éthylbenzène. Ainsi, le flux total qui représentait 12kg/j en 1993 a baissé à 500 g/j en 1998. Ces résultats, semblent donc montrer que les émissions d'éthylbenzène dans les milieux aquatiques ont sensiblement diminué. Les rejets directs dans l'eau d'éthylbenzène en Rhône-Alpes sont dus pour l'essentiel au secteur de la chimie et de la parachimie, et en particulier les industries de la chimie, du chlore, et des polymères (peintures...). (INERIS, 2006-a)

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

La présence d'éthylbenzène dans l'air est suivie dans le cadre de plusieurs programmes nationaux et internationaux. Les données françaises sont disponibles sur Internet (www.atmonet.org) (INERIS, 2009-b)

L'éthylbenzène est émis lors de l'utilisation des combustibles fossiles. La fumée de tabac est une des principales sources d'éthylbenzène dans les habitations. (IARC, 2000)

Il entre dans l'atmosphère principalement à partir d'émissions liées au trafic automobile. La production et les utilisations industrielles d'éthylbenzène constituent également des sources d'exposition importantes. Les autres sources d'exposition de l'environnement à l'éthylbenzène sont les émissions provenant du raffinage du pétrole, les pertes par évaporation et les fuites d'essence ou de fioul lors du transport et du stockage de ces carburants, les émissions liées à la préparation et au transport d'asphalte chaud destiné aux revêtements routiers, les rejets des incinérateurs. (INERIS, 2005)

La concentration ubiquitaire dans l'air est inférieure à 2 µg/m³ (données OMS IPCS 1996) (INERIS, 2005) (INERIS, 2006-a)

Dans l'atmosphère, l'éthylbenzène subit des réactions photochimiques avec production de radicaux hydroxylés. Sa demi-vie est estimée à 55 heures (2,5 j) (HSDB, 2005)

Eau & sédiments

La concentration ubiquitaire dans les eaux superficielles (douces et marines) est **inférieure à 0,1 µg/l** (INERIS, 2005) (INERIS, 2006-a)

Dans l'eau, l'éthylbenzène possède les caractéristiques physico-chimiques requises pour s'adsorber sur la phase particulaire. (INERIS, 2005), (HSDB, 2005)

Des cas de biodégradation de l'éthylbenzène en 10 à 16 jours dans des eaux souterraines contaminées sont signalés dans la littérature (HSDB, 2005)

Soils

Dans les sols en milieu réducteur, l'éthylbenzène peut être biodégradé (Jourdain, et al., 2007). La biodégradation se fait via des processus faisant intervenir la réduction de nitrates. (HSDB, 2005)

Sa mobilité dans les sols est modérée. (INERIS, 2005)

Compte tenu de sa constante de Henry, la volatilisation de l'éthylbenzène dans les sols humides est un processus significatif. (INERIS, 2005)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Des travaux ont montré la présence d'éthylbenzène ainsi que d'autres hydrocarbures dans les cendres volantes de centrales thermiques.(Barthet, 2003). Ces substances peuvent donc être transportées vers le milieu par les eaux pluviales et la lixiviation des dépôts.

De par les procédés de fabrication, l'éthylbenzène est présent dans les xylènes techniques ainsi que dans le toluène. (IARC, 2000)

Résumé des origines possibles de l'éthylbenzène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :**01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux**

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 05* boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures

03 Déchets de la transformation du bois, de la production de panneaux, meubles, pâte à papier, papier, carton

03 03 Déchets provenant de la production et de la transformation de papier, de carton et de pâte à papier

03 03 05 boues de désencrage provenant du recyclage du papier

04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

04 02 Déchets de l'industrie textile

04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques

04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole

05 01 05* hydrocarbures accidentellement répandus

05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation ou des équipements

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base

07 01 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 01 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 01 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 01 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques

07 02 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 02 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 02 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 02 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)

07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs

07 07 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 07 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 07 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 07 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 07 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis

08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses

08 01 13* boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis

- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encre d'impression
 - 08 03 07 boues aqueuses contenant de l'encre
 - 08 03 12* déchets d'encre contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 14* boues d'encre contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des subst. dangereuses
 - 08 03 19* huiles dispersées

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
 - 12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 07* huiles d'usinage à base minérale sans halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
 - 12 01 09* émulsions et solutions d'usinage sans halogènes
 - 12 01 10* huiles d'usinage de synthèse
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- 13 04 Hydrocarbures de fond de cale
 - 13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
 - 13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de mûles
 - 13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation
- 13 05 Contenu de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 01* déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 02* boues provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 03* boues provenant de déshuileurs
 - 13 05 06* hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 07* eau mélangée à des hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 08* mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
 - 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
 - 16 01 03 pneus hors d'usage
 - 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 06 Piles et accumulateurs
 - 16 06 04 piles alcalines (sauf rubrique 16 06 03)
- 16 07 Déchets du nettoyage de cuves et fûts de stockage et de transport (sauf chap. 05 et 13)
 - 16 07 08* déchets contenant des hydrocarbures
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 - 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 - 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 13* solvants

20 03 Autres déchets municipaux

20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX (INERIS, 2005)

Prélèvements et conditionnement

Prélèvement en flacon scellé.

L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est fortement conseillé. Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte réfrigérée (typiquement 4°C) jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- **par "headspace"** : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- **par "purge and trap"** : l'échantillon d'eau est chauffé et balayé par un flux continu de gaz inerte, puis les vapeurs sont entraînées à travers un piège adsorbant solide, servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite transféré vers la chaîne analytique, chauffé sous balayage d'un flux connu de gaz inerte, pour entraîner une désorption des composés visés.
- **par extraction liquide/liquide** : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- **par SPME (Solid Phase Micro Extraction)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode "head-space" et la méthode "purge and trap". Le principe consiste à introduire une fibre de silice fonctionnalisée (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon équilibré thermiquement en flacon scellé. La différence de polarité entre la fibre et la phase vapeur en équilibre avec le milieu de prélèvement va ainsi favoriser le transfert des polluants présents de la phase gazeuse vers la phase solide. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode head-space (CG/FID, CG/MS). Les cinétiques d'absorption/désorption, gouvernées par le coefficient de partage milieu hydrophobe / milieu hydrophile, étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque modification des conditions de mise en œuvre (changement de matrice de l'échantillon, par exemple) de bien optimiser ces paramètres. C'est cependant une méthode qui commence à être couramment utilisée dans les laboratoires (méthode intéressante pour faire un balayage rapide des échantillons à analyser).

Dosage

Méthode de dosage

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse et dans un deuxième temps dosage après détection par un des détecteurs FID, PID ou SM (spécificité croissante). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente. Il convient d'adapter les conditions de chromatographie au niveau de spécificité demandé.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES

Norme NF ISO 11423-1 : Qualité de l'eau - Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques - Partie 1 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse de l'espace de tête (septembre 1997)

Domaine d'application : Cette norme internationale s'adresse aux laboratoires ayant à doser le benzène et certains dérivés benzéniques **dans la plupart des types d'eaux** ; elle est susceptible de servir de référence dans la réglementation française relative à la qualité des eaux. Elle est applicable à la détermination de l'éthylbenzène dans des échantillons homogènes d'eau et d'**eau résiduaire** à des concentrations supérieures à 2 µg/l.

Principe : Un volume déterminé d'échantillon d'eau non filtrée est chauffé dans un flacon étanche au gaz. L'emploi de flacons à sertir de type flacons à pénicilline est particulièrement adapté. Lorsque l'équilibre entre les phases gazeuse et liquide est atteint, un aliquote de la phase gazeuse est transférée dans un chromatographe en phase gazeuse. Le benzène et les dérivés benzéniques doivent être identifiés avec certitude. Dans le cas de détection de type PID ou FID, il est nécessaire d'avoir recours à deux injections séparées, sur deux colonnes de polarités différentes. Un autre moyen de confirmation est le couplage CG/SM.

Interférences :

- Des pertes de BTX (benzène, toluène, xylènes, éthylbenzène) peuvent se produire pendant l'échantillonnage, le transport, le stockage et la préparation des échantillons en raison de l'évaporation et de l'entraînement gazeux. Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.
- La méthode d'espace de tête permet de limiter les interférences dues aux matières en suspension ou aux émulsifiants. Cependant, la présence de solvant peut modifier l'équilibre normal avec la phase gazeuse, et la présence d'une seconde phase liquide empêche l'utilisation de la méthode d'espace de tête.

Norme NF ISO 11423-2 : Qualité de l'eau - Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques - Partie 2 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse après extraction liquide-liquide (juin 1997)

Domaine d'application : Cette méthode s'adresse aux laboratoires ayant à doser certains dérivés benzéniques, dont l'éthylbenzène, **dans la plupart des types d'eaux** ; elle est susceptible de servir de référence dans la réglementation française relative à la qualité des eaux. Elle est applicable à la détermination de l'éthylbenzène dans des échantillons homogènes d'eau et d'**eau résiduaire** à des concentrations supérieures à 5 µg/l.

Principe : S'adressant à tout type d'eau, cette méthode est mise en œuvre sur l'échantillon non filtré. Un volume déterminé d'échantillon d'eau non filtrée est extrait à l'aide d'un solvant apolaire, puis une fraction aliquote de la phase organique est analysée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse. L'éthylbenzène, parmi les dérivés benzéniques, doit être identifié avec certitude. Dans le cas de détection de type PID ou FID, il est nécessaire d'avoir recours à deux injections séparées, sur deux colonnes de polarités différentes. Un autre moyen de confirmation est le couplage CG/SM.

Interférences :

- Des pertes de BTX (benzène, toluène, xylènes, éthylbenzène) peuvent se produire pendant l'échantillonnage, le transport, le stockage et la préparation des échantillons en raison de l'évaporation et de l'entraînement gazeux. Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.
- La présence de composés émulsifiants peut affecter l'extraction.
- La présence d'autres hydrocarbures peut entraver la quantification.

Méthode EPA 602 : Dosage des composés organiques dans les eaux de rejet industrielles ou municipales

Domaine d'application : Cette méthode "purge and trap" s'applique pour le dosage de composés aromatiques monocycliques volatils (dont l'éthylbenzène). Elle est destinée aux eaux provenant de décharges rejets urbains ou industriels.

Principe : L'éthylbenzène contenu dans un échantillon d'eau est déplacé de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège adsorbant servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et balayé avec le même gaz inerte pour désorber les composés.

Le dosage est effectué soit par :

- chromatographie gazeuse avec détection par ionisation de flamme selon la méthode EPA 602
- chromatographie gazeuse avec spectrométrie de masse selon la méthode EPA 624 : "Dosage des composés organiques dans des eaux de rejets industrielles ou municipales".

Interférences :

- Des composés organo-volatils peuvent venir contaminer les échantillons au travers du septum par diffusion.
- Les échantillons très chargés et faiblement chargés doivent être analysés de façon séquentielle.
- Le gaz utilisé pour l'entraînement des BTEX et les lignes de gaz utilisées pour le barbotage ne doivent pas être à l'origine de phénomènes de relargage ; utiliser de préférence du téflon.

Sensibilité : La limite de détection est de 0,2 µg/l.

Méthode EPA 624 : Méthode "Purge and Trap" en chromatographie gazeuse / Spectrométrie de masse pour le dosage des composés organiques purgeables dont l'éthylbenzène dans les eaux de rejet industrielles et municipales

Domaine d'application : Cette méthode "purge and trap" s'applique pour le dosage de composés aromatiques monocycliques volatils (dont l'éthylbenzène). Elle est destinée aux eaux provenant de rejets urbains ou industriels.

Sensibilité : La limite de détection est de 7,2 µg/l.

La précision et l'exactitude de la mesure sont directement liées à la concentration en éthylbenzène et indépendants de la matrice. (HSDB, 2005)

Méthode EPA 1624 : Méthode par dilution isotopique "Purge and Trap" en chromatographie gazeuse / Spectrométrie de masse pour le dosage des composés organiques volatils

Domaine d'application : Cette méthode est applicable au dosage de composés aromatiques monocycliques volatils (dont l'éthylbenzène) dans des eaux usées urbaines ou industrielles.

Principe : En ajoutant une quantité connue de composé marqué à chaque échantillon avant de purger, une correction peut être appliquée par rapport au rendement de récupération. Si les composés marqués ne sont pas disponibles; une méthode de calibration avec un standard interne est utilisée.

Dans les conditions décrites, avec l'éthylbenzène marqué ou non, la méthode permet d'atteindre un niveau de détection de 10 µg/l.

Sensibilité : La limite de détection est de 7,2 µg/l.

Avec cette méthode, la précision et l'exactitude de la mesure sont directement liées à la concentration en éthylbenzène et indépendants de la matrice. (HSDB, 2005)

Méthode EPA 5030 A : Purge and trap (1992)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont l'éthylbenzène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Elle peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition inférieur à 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau.

Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être quantifiés par cette technique analytique, avec toutefois des limites de quantification (par GC ou GC/MS) approximativement 10 fois plus élevées.

Principe : La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-volatils (dont l'éthylbenzène) par purge and trap.

Un gaz inerte est utilisé pour dégazer l'échantillon d'eau contenu dans un flacon à température ambiante : il en résulte un équilibre entre la phase liquide et la phase gazeuse. Le piégeage de la phase gazeuse est réalisé en tête de colonne et est suivi d'une désorption thermique.

La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- EPA 8021B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"
- EPA 8260B (1996) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse avec colonne capillaire "

Sensibilité : Pour l'éthylbenzène, dans les échantillons d'eau de surface, la limite de quantification par la méthode de dosage EPA 8021B est de 0,05 µg/l et la limite estimée de quantification par la méthode EPA 8260B est de 1 à 5 µg/l, suivant le volume de l'aliquote.

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection.
- Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans le détecteur.
- L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des appareils comprenant des pièces en caoutchouc doivent être évités.

Méthode EPA 3810 : Espace de tête statique (1986)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont l'éthylbenzène) dans diverses matrices. Elle est applicable aux **échantillons d'eau**, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments.

Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés aromatiques volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 175°C.

La méthode dite "espace de tête statique" doit son nom à la technique mise en œuvre pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser.

La détection des organo-volatils (dont l'éthylbenzène) peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes

- EPA 8021 B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"
- EPA 8240 B (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse".

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase liquide.

Principe : L'échantillon est placé dans un flacon scellé à 90°C jusqu'à l'obtention d'un équilibre thermodynamique. Une fraction de la phase gazeuse est prélevée et injectée directement dans le chromatographe.

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection.
- L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.
- Eviter de passer des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier cet inconvénient, il faut laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Amélioration des procédés - tous secteurs confondus**

De façon générale, le meilleur moyen pour réduire les rejets de COV et donc d'éthylbenzène est de limiter avant tout leur utilisation et donc d'agir à la source de la pollution. Pour cela plusieurs solutions sont envisageables lorsque l'éthylbenzène est en particulier employé comme solvant. Il est tout d'abord important de développer des bonnes pratiques au sein des unités utilisant des solvants (INERIS, 2006-a), (INERIS, 2006-b) :

- bon entretien des équipements ;
- confinement des machines pour organiser des circuits fermés ;
- optimisation des procédés de nettoyage utilisant les solvants (rinçage à contre courant) ;
- récupération et recyclage des solvants dans les procédés chimiques.
- sensibilisation et formation du personnel vis à vis de la pollution des COV

Traitement des effluents industriels aqueux (INERIS, 2006-a)

Il n'existe pas de traitement spécifique, mais les traitements classiques des stations d'épuration des sites pétrochimiques permettent d'atteindre des rendements épuratoires de plus de 99%. Ces procédés de traitement correspondent de façon générale aux procédés de traitement des hydrocarbures ou des polluants volatils. Il s'agit par exemple de procédés de **déshuilage/dégraissage** associés généralement à des procédés de **flottation et de coagulation**, de procédés d'**oxydation par voie humide**, ou encore du procédé de stripping.

Ces procédés de traitement de rejets liquides ne sont pas forcément adaptés à de faibles pollutions comme c'est le cas pour les micro-polluants. Il est préférable d'agir sur la réduction des pollutions à la source, en substituant par exemple l'éthylbenzène lorsqu'il est utilisé comme solvant, en recyclant les polymères issus du styrène ou en optimisant davantage les chaînes de production.

Traitement par adsorption (CWW, 2003)

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique, il est possible d'utiliser des procédés par adsorption sur charbon actif pour traiter l'éthylbenzène. Un rendement d'élimination de 84% est obtenu sur des effluents provenant de la chimie.

Traitement par stripping

Le stripping est adapté aux polluants volatils. Ce procédé correspond à l'entraînement de produits volatils dissous dans l'eau par l'action d'un autre gaz. Les produits ainsi récupérés peuvent être soit réutilisés dans les processus de fabrication, soit détruits par combustion dans un four ou récupérés dans des solutions où ils sont fixés et/ou oxydés.

Ce procédé est particulièrement efficace pour les hydrocarbures aromatiques (BTX) pour lesquels on peut atteindre 99% de performances. (INERIS, 2006-a) (INERIS, 2006-b)

Traitement par incinération (HSDB, 2005)

L'éthylbenzène est un bon candidat pour :

- l'incinération par injection liquide à des températures comprises entre 650°C à 1 600°C, avec un temps de séjour de 0,1 à 2 secondes,
- l'incinération en four rotatif à des températures comprises entre 820°C et 1 600°C, avec des temps de séjours de quelques secondes pour les liquides et les gaz, et de quelques heures pour les solides,
- l'incinération par lits fluidisés à des températures de 450 à 980°C, et des temps de séjour de quelques secondes pour les liquides ou les gaz, et plus longtemps pour les solides.

Traitement par les stations d'épurations urbaines

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008)

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, on a constaté que le taux d'élimination de l'éthylbenzène dans le rejet des STEP avec traitement biologique dépassait 60% alors qu'il était de 40% pour les traitements physico-chimiques.

Des auteurs ont montré que si aucune culture pure n'avait la capacité de dégrader les BTEX en tant que seule source de carbone, les microorganismes en co-cultures sont plus efficaces. Par exemple, l'association de deux souches de *Pseudomonas putida* était optimale, l'une dégradant préférentiellement le benzène, le toluène et l'**éthylbenzène**, alors que l'autre utilisait le p-xylène et le o-xylène ainsi que le toluène comme substrat pour sa croissance. Ces auteurs suggèrent donc que la dégradation des BTEX est améliorée par des cultures bactériennes mixtes. (Lesage, 2009)

D'autres travaux sur la dégradation des BTEX par un champignon (*Cladophialophora* sp. souche T1) montrent l'aptitude de cet organisme, tout comme celle des bactéries, à dégrader ces molécules, excepté le benzène, par assimilation et cométabolisme. Le toluène et l'**éthylbenzène** servent alors de source de carbone et d'énergie alors que le xylène est cométabolisé. (Lesage, 2009)

Cas des traitements par boues activées ; différentes études montrent, pour les substances volatiles comme les BTEX, que la biodégradation entre en compétition avec le phénomène de volatilisation dans les boues activées (Lesage, 2009).

Des auteurs signalent qu'après une période d'adaptation de l'inoculum, l'éthylbenzène est rapidement dégradé dans les eaux usées. (HSDB, 2005)

REFERENCES

Barthet L. Contribution de l'évaluation de l'impact sur les écosystèmes de la valorisation de résidus de procédés thermiques en BTP [Rapport] : Thèse de doctorat / Ecole de Chimie de Lyon - Sciences et Techniques du Déchet. - Lyon : [s.n.], 2003. - p. 218 pages. - Thèse préparée à l'ENTPE.

BRGM Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures - Résultat de la phase 2 [Rapport] : Rapport final / BRGM. - 2006. - p. 10 pages. - BRGM-54183-FR, janvier 2006.

CSST Ethylbenzène [En ligne] // Commission de la Santé et de la Sécurité au Travail - Service du répertoire toxicologique. - Gouvernement du Québec, 2007. - version du 23-02-2007. - 2012. - http://www.reptox.csst.qc.ca/Produit.asp?no_produit=3749.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Ethylbenzene [En ligne] // Toxnet. - 2005. - version 07-07-2005. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~EgSYyW:1>.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] // Some Industrial Chemicals. - 2000. - Vol. monographie 77. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/mono77-10.pdf>.

INERIS Ethylbenzène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-a. - mise à jour le 30 mars 2006. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 23 pages.

INERIS Ethylbenzène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - version n°2-1 mai 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 54 pages.

INERIS Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France [Rapport] : Rapport d'étude / Direction des Risques Chroniques. - 2009-b. - p. 113 pages. - N°DRC 08-94882-15772A.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006-c. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BL.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INERIS Xylène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-b. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 29 pages.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Lesage G. Etude de l'élimination des substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation [Rapport] : Thèse de Doctorat / Génie des Procédés et de l'Environnement ; Université de Toulouse. - 2009. - p. 253 pages.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

NIOSH Fiches de données de sécurité [En ligne] // The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / éd. Cards International Program Safety. - 2006. - consulté en juillet 2011. - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfr/nfrname.html> .

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RECORD Les composés volatils dans les déchets : origines, flux, classements [Rapport]. - [s.l.] : RE.CO.R.D. , 2012. - p. 523 pages. - En ligne : http://www.record-net.org/record/etudesdownload/record10-0670_1A.pdf. - Etude n°10-0670/1A.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/> .

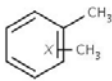
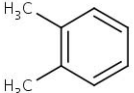
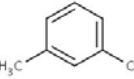
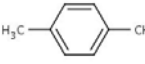
UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - University of Minnesota, 2012. - <http://umbdd.ethz.ch/index.html>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

o, m, p - XYLENES

DESCRIPTIF

Familles : BTEX
Hydrocarbures aromatiques monocycliques
COV

Nom	Synonyme	Formule	n° CAS
xylènes	diméthylbenzène méthyltoluène xylol	 C_8H_{10}	1330-20-7
o-xylène	2-xylène 1,2-xylène 1,2-diméthylbenzène ortho-xylène o-xylol o-méthyltoluène		95-47-6
m-xylène	3-xylène 1,3-xylène 1,3-diméthylbenzène méta-xylène m-xylol m-méthyltoluène		108-38-3
p-xylène	4-xylène 1,4-xylène 1,4-diméthylbenzène para-xylène p-xylol p-méthyltoluène		106-42-3

Propriétés physico-chimiques :

	o-xylène	m-xylène	p-xylène
Masse molaire g/mol	106,16	106,16	106,16
Solubilité dans l'eau (mg/l)	20°C : 175 ⁽³⁾ 25°C : 178 ⁽²⁾	25°C : 151 ⁽³⁾ 25°C : 161 ⁽²⁾	25°C : 162 ⁽²⁾ 25°C : 177 ⁽³⁾
Pression de vapeur (mm Hg)	25°C : 6,61 ⁽²⁾	25°C : 8,29 ⁽²⁾	25°C : 8,84 ⁽²⁾
Point éclair (°C)	17°C ⁽²⁾	25°C ⁽²⁾	25°C ⁽²⁾
Temps de ½ vie dans le sol	aucune information disponible (INERIS, 2006-c)		
Temps de ½ vie dans l'eau	rivière : 3,2 h ⁽²⁾ lac : 4,1 j ⁽²⁾ ½ vie tous isomères d'après la CEE : eau de surface 150 jours ⁽³⁾		
Constante de Henry (Pa·m ³ /mol)	517-526 ⁽³⁾ 523 ⁽²⁾	727-778 ⁽³⁾ 727 ⁽²⁾	517-778 ⁽³⁾ 699 ⁽²⁾
Log Kow	2,77-3,13 ⁽³⁾ 3,13 ⁽¹⁾⁽²⁾	3,20 ⁽¹⁾⁽²⁾ 3,20-3,26 ⁽³⁾	3,15 ⁽²⁾ 3,17 ⁽¹⁾
Koc (l/kg)	24 - 251 ⁽²⁾ 234 (129-537) ⁽³⁾ 363 ⁽¹⁾	157 (129-289) ⁽³⁾ 407 ⁽¹⁾	317 (204-540) ⁽³⁾ 389 ⁽¹⁾
log Koc	2,56 ⁽¹⁾	2,61 ⁽¹⁾	2,59 ⁽¹⁾

(1) (US-EPA, 1996)

(2) HSDB

(3) (INERIS, 2006-c)

Réactions avec d'autres molécules ou conditions :

- Moyennement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006-a)
- Le xylène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type Wil-Flex™, polyuréthane, néoprène, Buna-N®, Nordel®, mais aussi avec le polypropylène et le propylène.³¹⁵
- Le xylène attaque certains plastiques, caoutchoucs, gommages et revêtements (HSDB)

Toxicité et écotoxicité :

	somme des trois xylènes (o, m et p -xylènes)
Eaux de surface intérieures NQEp	10 µg/l (Circ. 2007-23 BOMEDD) ³¹⁶
LQ (circulaire 05/01/09)	2 µg/l
Note : NQE / LQ	compatibles
PNEC eau douce :	o-xylène : 10 µg/l (INERIS, 2006-c) m-xylène 47 µg/l (INERIS, 2006-c) p-xylène : 26 µg/l (INERIS, 2006-c)

Occurrence du xylène (somme des trois isomères) dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés³¹⁷ du secteur 3 est de **292,1 g/j** (52 sites - 274 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le xylène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de xylène de l'ensemble des sous-secteurs.

Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux de xylène du secteur 3 (81%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur, mais plutôt comme le reflet de situations particulières.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, le xylène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

³¹⁵ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>³¹⁶ NQE provisoires http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.2715³¹⁷ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

Traitabilité³¹⁸**Traitement physico-chimique**

Traitement biologique : Le m-xylène et le p-xylène sont facilement biodégradables : En 13 jours, ces deux isomères ont été dégradés par des microorganismes provenant de boues de station d'épuration (Tabak et al., 1989). En revanche, l'o-xylène s'est avéré être moins biodégradable.

Traitement par stripping : Le stripping est un procédé particulièrement adapté pour les BTEX, pour lesquels on peut atteindre 99% de performances. Note fiabilité : 3. (Choubert, et al., 2011)

Traitement par adsorption : Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique, il est possible d'utiliser des procédés par adsorption sur charbon actif dans le cas où les polluants sont peu concentrés

Concerné par la **phytorémédiation**.

REGLEMENTATION

- **DCE :** Substance dangereuse prioritaire (directive 2008/105/EC)
 - Les xylènes ne sont pas concernés
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)**³¹⁹
 - Le xylène n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :		Codes de danger :	
Flam. Liq. 3	H225	liquide et vapeurs très inflammables, cat.de danger 3	
Acute Tox. 4	H332	Nocif par inhalation, cat.de danger 4,	
Acute Tox. 4	H312	Nocif par contact cutané, cat.de danger 4,	
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2	
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**³²⁰
 - Les xylènes ne sont pas concernés
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau pour les xylènes : 0 kg/an³²¹

³¹⁸ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

³¹⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

³²⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

³²¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**³²²
 - Annexe 1 : les xylènes font partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 2 µg/L

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les xylènes sont produits naturellement dans l'environnement par les composés du pétrole, les feux de forêt, et les émissions naturelles de certaines plantes. (HSDB)

Comme tous les hydrocarbures aromatiques, le xylène se forme naturellement lorsque des matières organiques sont exposées à des phénomènes de combustion ou de pyrolyse, par exemple lors de feux de forêts, d'éruptions volcaniques, ou dans la fumée de cigarettes. C'est également le cas lors de la combustion de biomasse pour le chauffage qui semble représenter une source importante de rejets de COV dans l'air, sans pouvoir quantifier les retombées indirectes de xylènes dans les milieux aqueux (INERIS, 2006-b).

PRODUCTION / UTILISATION

Le produit commercial "xylène" est un mélange technique contenant en général 40% de m-xylène, 20% d'o-xylène, 20% de p-xylène ainsi que de l'éthylbenzène et des traces de toluène. (HSDB)

Impuretés : les mélanges techniques de xylènes peuvent contenir des impuretés : toluène, benzène, triméthylbenzène, phénol, thiophène, pyridine, pseudocumène, benzène, ainsi que des hydrocarbures aliphatiques. (HSDB)

Synthèse / Production

Les mélanges techniques de xylènes ont été initialement isolés à partir de la distillation de bois, puis de goudron de houille. (HSDB)

Les xylènes sont produits à partir de matières premières brutes issues du pétrole par reformage catalytique ou par craquage pyrolytique. La teneur en xylènes dépend de la composition du naphta employé et des conditions de reformage. La teneur en xylènes des essences obtenues par craquage pyrolytique dépend des hydrocarbures utilisés comme matière première. Seule l'utilisation d'hydrocarbures ayant un point d'ébullition élevé permet d'obtenir des concentrations en xylènes exploitables. (INERIS, 2006-c)

³²² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Des distillations successives permettent ensuite de séparer les isomères du xylène, l'éthylbenzène et les autres composés aromatiques. La séparation par cristallisation est également utilisée pour extraire le p-xylène (INERIS, 2006-c). Le o-xylène est séparé par distillation car son point d'ébullition est plus élevé que celui des autres isomères du xylène. (HSDB). Le m-xylène et le p-xylène ne peuvent pas être séparés par distillation car leurs points d'ébullition sont très proches. (HSDB-p)

Le xylène technique contient des pourcentages variables d'isomères du xylène et d'éthylbenzène. Le m-xylène est toujours majoritaire (40 à 70%). (INERIS, 2006-c)

Utilisation générale

Le xylène (1330-20-7) est utilisé en tant que tel comme **herbicide aquatique**. Majoritairement, ce mélange technique est utilisé pour la **production des différents isomères**, eux-mêmes utilisés pour la production de fibres, de plastiques, de revêtements, d'encres... Une proportion mineure du mélange d'isomères entre, en tant que **solvants dans la formulation de peintures et de revêtements**, ou encore comme **améliorant de l'indice d'octane des essences**. (HSDB)

Les xylènes en mélange peuvent être utilisés comme solvants, comme matière première pour la fabrication d'acide benzoïque, d'anhydride phtalique, d'acides isophtalique et terephtalique, ou comme diméthylesters entrant dans la fabrication de fibres et de colorants organiques. Ils servent aussi à la **stérilisation des fils chirurgicaux** (catgut) ou à l'élaboration du **Baume du Canada** et de **liquide d'immersion pour microscopes**. D'autres utilisations sont citées : la fabrication de **résines, émaux, peintures, vernis, colles et adhésifs, laques, ciment-colles...** (HSDB)

D'autres utilisations ont été relevées : les xylènes entrent dans la fabrication des **oscillateurs à quartz**, dans l'élaboration de l'**eau oxygénée**, dans la formulation des **parfums** et de **répellants** contre les insectes, de **substances pharmaceutiques**, de **résines époxy**. (HSDB) Le xylène (mélange d'isomères) est aussi utilisé dans les **laboratoires d'histologie** pour dissoudre la paraffine lors de la préparation des tissus pour l'examen microscopique. En microscopie, il est utilisé pour les observations en immersion et comme agent de nettoyage. (INERIS, 2006-c)

Répartition des utilisations du xylène technique en tant que **solvant** (INERIS, 2006-c) :

	secteur	pourcentage
Xylène technique utilisé en tant que composant d'un produit	produits détergents	2,8%
	produits agrochimiques	20,0%
	peintures, encres, vernis	57,0%
	autres produits chimiques à usage industriel	0,6%
Xylène technique utilisé tel quel	peinture	1,0%
	fabrication de pièces techniques en plastique	7,0%
	fabrication de meubles meublants	0,8%
	fabrication de meubles de cuisine	1,8%

Les isomères xylènes sont principalement utilisés :

- **o-xylène** : fabrication de l'anhydride phtalique (utilisation majoritaire), des vitamines et substances pharmaceutiques de synthèse, de teintures, d'insecticides, bactéricides, d'herbicides (spécifiques aux cultures de soja), et en tant qu'additif pour carburants (HSDB-o). L'anhydride phtalique est utilisé à plus de 60% pour la fabrication de plastifiants pour PVC (phtalates en particulier le DEHP) ainsi que pour la fabrication de résines polyester insaturées employées dans des composites (domaine maritime et construction) et de résines alkydes servant de revêtement de surface. **Il remplace de plus en plus le naphthalène** pour la fabrication de l'anhydride phtalique. (INERIS, 2006-b)

- **m-xylène** : utilisé comme solvant, intermédiaire de synthèse organique et de pigments et plus spécifiquement pour la synthèse de l'acide isophtalique ; comme fuel pour l'aviation (HSDB-m). L'acide isophtalique est aussi utilisé pour la production de résines polyester insaturées, de résines alkydes et de comonomère dans la production de résines polyéthylène-téréphtalate. (INERIS, 2006-b)
- **p-xylène** : synthèse de l'acide terephtalique (précurseur de synthèse des résines polyester et de fibres telles que Dacron®, Mylar®, Terylène®), synthèse de molécules pharmaceutiques, insecticides (HSDB-p). Pour information, en 1994, en Europe, 72% du tonnage de p-xylène consommé a été utilisé pour la fabrication de l'acide terephtalique, 26% pour le diméthyl-téréphtalate, servant à la fabrication du PET (polyéthylène-téréphtalate) et de fibres textiles telles que le Tergal®. (INERIS, 2006-b)

Utilisation spécifique dans les procédés des industries du secteur des déchets

Utilisation potentielle du xylène technique en tant que solvant pour la maintenance des installations (nettoyage, dégraissage...) et, indirectement, par l'intermédiaire de l'utilisation de carburants (moteurs, combustion...).

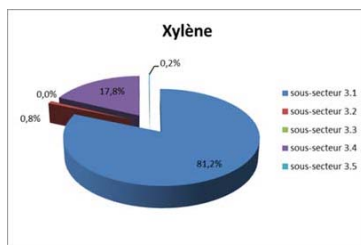
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de xylènes du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **292,1 g/j**, (52 sites - 274 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- **Sous-secteur 3.1** : 25 sites (133 mesures - contributeur à **81,2%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **237,2 g/j**
- **Sous-secteur 3.2** : 7 sites (33 mesures - contributeur à **0,8%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,5 g/j**
- **Sous-secteur 3.3** : 3 sites (18 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- **Sous-secteur 3.4** : 9 sites (48 mesures - contributeur à **17,8%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **52 g/j**
- **Sous-secteur 3.5** : 7 sites (42 mesures - contributeur à **0,2%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,45 g/j**

Répartition des flux en xylène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le xylène est analysé de façon systématique uniquement dans les rejets du sous secteur 3.4, et au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de xylène de l'ensemble des sous-secteurs.

Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives. En particulier, la contribution du sous-secteur 3.1 au flux de xylène du secteur 3 (81%) ne peut pas être considérée comme représentative de l'ensemble des sites de ce sous-secteur, mais plutôt comme le reflet de situations particulières.

Le xylène n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Note : cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Présence dans les autres rejets industriels

Les rejets de xylènes dans l'environnement proviennent essentiellement des raffineries qui fabriquent de l'essence et des industriels qui utilisent le xylène comme solvant dans leur processus de fabrication. Les différents inventaires des émissions polluantes réalisés depuis 1991 montrent que les rejets sont dus pour l'essentiel au secteur des industries pétrolières (raffinage, stockage et distribution, production d'électricité) puis au secteur de la chimie et de la parachimie (peintures et polymères). (INERIS, 2006-b)

Présence dans les rejets liés à l'utilisation

Utilisation des carburants : les isomères m et p représentent de 1,3 à 5,6% des hydrocarbures rejetés dans les fumées d'échappement des moteurs à essence. Ces rejets sont la source principale des rejets indirects du xylène dans les eaux (lessivage de l'atmosphère par la pluie, et rejets d'eaux pluviales polluées). (INERIS, 2006-b)

Les pulvérisations agricoles (**insecticides, herbicides**), les **aérosols domestiques**, spécialement les peintures et anti-rouilles contenant du xylène, la **combustion du bois** (poêles et cheminées domestiques), la **fumée de tabac** sont également responsables de la présence de xylène dans l'atmosphère. Ils représentent également tous des sources de rejets indirects dans les eaux. Le déversement accidentel ou volontaire de produits (**peintures, vernis...**) peut aussi être une source importante de rejet direct de xylène dans les eaux (non quantifiée à ce jour). (INERIS, 2006-b)

On notera qu'il n'existe pas de filière nationale de collecte et de traitement spécifique des déchets de peintures, et encres.

Présence dans l'environnement

Compartiment atmosphérique

D'une manière générale, la plus grande partie (estimée à 99,68%) des xylènes libérés dans l'environnement se retrouve dans l'atmosphère où ils sont facilement photooxydés. (INERIS, 2006-c)

L'utilisation des xylènes comme additifs dans les carburants (environ 6,6% v/v), y compris pour l'aviation, comme solvants, et pour la formulation de pesticides est à l'origine d'émissions dans l'environnement. (HSDB-m).

Les émissions atmosphériques sont essentiellement dues au trafic automobile, aux émissions des stations-services, des raffineries, et des industries utilisant le xylène. Les pulvérisations agricoles (insecticides, herbicides), les aérosols domestiques, spécialement les peintures et anti-rouille contenant du xylène, la combustion du bois (poêles et cheminées domestiques), la fumée de tabac sont également à l'origine de la présence de xylène dans l'atmosphère. (INERIS, 2006-c)

Sur la base de données fournies par l'OMS IPCS (1997), la concentration ubiquitaire dans l'air est d'environ 1 à 2 µg/m³ (INERIS, 2006-c)

Eau & sédiments

Etant donné leur volatilité importante, les xylènes ne sont généralement pas persistants dans les eaux de surface. (INERIS, 2006-c)

Sur la base de données fournies par l'OMS IPCS (1997), et IUCLID (2000), la concentration ubiquitaire dans les eaux douces de surface et souterraines, comme dans les eaux marines) est inférieure à 0,1 µl/l (INERIS, 2006-c)

Sols

Comme c'est le cas dans les eaux superficielles, les xylènes présents à la surface des sols seront pour la plus grande partie volatilisés. (INERIS, 2006-c)

Dans des sols plus profonds, les xylènes auront tendance à être lixiviés. (INERIS, 2006-c)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Des travaux ont montré la présence de xylènes ainsi que d'autres hydrocarbures dans les **cendres volantes de centrales thermiques**. (Barthet, 2003) Ces substances peuvent donc être transportées vers le milieu par les eaux pluviales et la lixiviation des dépôts.

Résumé des origines possibles du xylène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 05* boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures

03 Déchets de la transformation du bois, de la production de panneaux, meubles, pâte à papier, papier, carton

03 03 Déchets provenant de la production et de la transformation de papier, de carton et de pâte à papier

03 03 05 boues de désencrage provenant du recyclage du papier

04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

04 02 Déchets de l'industrie textile

04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques

04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole

05 01 05* hydrocarbures accidentellement répandus

05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation ou des équipements

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base

07 01 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 01 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 01 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 01 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques

07 02 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 02 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 02 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 02 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)

07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs

07 07 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 07 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 07 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 07 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 07 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis

08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses

08 01 13* boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis

08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression

08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des subst. dangereuses

08 04 Déchets provenant de la FFDU de colles et mastics (dont produits d'étanchéité)

08 04 09* déchets de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses

08 04 11* boues de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses

08 04 13* boues aqueuses contenant des colles ou mastics contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses

08 04 15* déchets liquides aqueux contenant des colles ou mastics contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement de surface des métaux et plastiques
 - 12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 07* huiles d'usinage à base minérale sans halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
 - 12 01 09* émulsions et solutions d'usinage sans halogènes
 - 12 01 10* huiles d'usinage de synthèse
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- 13 04 Hydrocarbures de fond de cale
 - 13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
 - 13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de môles
 - 13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation
- 13 05 Contenu de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 01* déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 02* boues provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 03* boues provenant de déshuileurs
 - 13 05 06* hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 07* eau mélangée à des hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 08* mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
 - 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
 - 16 01 03 pneus hors d'usage
 - 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
 - 16 06 Piles et accumulateurs
 - 16 06 04 piles alcalines (sauf rubrique 16 06 03)
- 16 07 Déchets provenant du nettoyage de cuves et fûts de stockage et de transport (sauf chap. 05 et 13)
 - 16 07 08* déchets contenant des hydrocarbures

- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 - 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
 - 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 - 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 13* solvants
- 20 03 Autres déchets municipaux
 - 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX (INERIS, 2006-c)****Prélèvements et conditionnement**

Prélèvement en flacon scellé ambré : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte à +4°C jusqu'à l'analyse.

Extraction / préparation

Deux grandes voies de préparation sont rencontrées :

- L'extraction des BTEX à l'aide d'un solvant apolaire judicieusement choisi en fonction des conditions analytiques mises en œuvre ;
- Le déplacement des xylènes et autres BTEX de la phase aqueuse vers la phase gazeuse, soit par élévation de température à volume constant (technique appelée "headspace statique"), soit par dégazage à l'aide d'un courant de gaz inerte, azote ou hélium, avec ou sans élévation de température, suivi d'un piégeage par adsorption ou cryofocalisation (technique appelée "purge an trap").

Dosage

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait en deux temps :

- 1) séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse
- 2) quantification après détection par un des détecteurs FID, PID ou SM (spécificité croissante). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente. Il convient également d'adapter les conditions de chromatographie au niveau de spécificité demandé car des conditions chromatographiques très spécifiques sont nécessaires à la séparation des isomères ortho et para.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX USEES**Norme NF ISO 11423-1 : Qualité de l'eau - Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques - Partie 1 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse de l'espace de tête (septembre 1997)**

Domaine d'application : Cette norme internationale s'adresse aux laboratoires ayant à doser le benzène et certains dérivés benzéniques **dans la plupart des types d'eaux** ; elle est susceptible de servir de référence dans la réglementation française relative à la qualité des eaux. Elle est applicable à la détermination du benzène dans des échantillons homogènes d'eau et d'**eau résiduaire** à des concentrations supérieures à 2 µg/l.

Principe : Un volume déterminé d'échantillon d'eau non filtrée est chauffé dans un flacon à septum étanche au gaz. Lorsque l'équilibre entre les phases gazeuse et liquide est atteint, un aliquote de la phase gazeuse est transférée dans un chromatographe en phase gazeuse. Le benzène et ses dérivés benzéniques doivent être identifiés de manière univoque. Dans le cas de détection de type PID ou FID, il est nécessaire d'avoir recours à deux colonnes de polarités différentes. Un autre moyen de confirmation est le couplage GC/SM.

Interférences :

- Des pertes de BTX (benzène, toluène, xylènes) peuvent se produire pendant l'échantillonnage, le transport, le stockage et la préparation des échantillons en raison de l'évaporation et de l'entraînement gazeux. Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.
- La méthode d'espace de tête permet de limiter les interférences dues aux matières en suspension ou aux émulsifiants. Cependant, la présence de solvant peut modifier l'équilibre normal avec la phase gazeuse, et la présence d'une seconde phase liquide empêche l'utilisation de la méthode d'espace de tête.

Norme NF ISO 11423-2 : Qualité de l'eau - Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques - Partie 2 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse après extraction liquide-liquide (juin 1997)

Domaine d'application : Cette norme internationale s'adresse aux laboratoires ayant à doser certains dérivés benzéniques **dont les xylènes dans la plupart des types d'eaux** ; elle est susceptible de servir de référence dans la réglementation française relative à la qualité des eaux. Elle est applicable à la détermination du benzène dans des échantillons homogènes d'eau et d'**eau résiduaire** à des concentrations supérieures à 5 µg/l.

Principe : S'adressant à tout type d'eau, cette méthode est mise en œuvre sur **l'échantillon non filtré**. Un volume déterminé d'échantillon d'eau non filtrée est extrait à l'aide d'un solvant apolaire, puis une fraction aliquote de la phase organique est analysée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse. Les xylènes, parmi les dérivés benzéniques, doivent être identifiés avec certitude. Dans le cas de détection de type PID ou FID, il est nécessaire d'avoir recours à deux colonnes de polarité différentes. Un autre moyen de confirmation est le couplage GC/SM.

Interférences :

- Des pertes de BTX (benzène, toluène, xylènes) peuvent se produire pendant l'échantillonnage, le transport, le stockage et la préparation des échantillons en raison de l'évaporation et de l'entraînement gazeux. Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.
- La présence de composés émulsifiants peut affecter l'extraction.
- La présence d'autres hydrocarbures peut entraver la quantification.

Méthode EPA 5030 A : Purge and trap (1992)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont les xylènes) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'**eau**, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Elle peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition inférieur à 200°C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau.

Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique, avec toutefois des limites de quantification (par GC ou GC/MS) approximativement 10 fois plus élevées.

Principe : La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-volatils (dont le benzène) par purge and trap.

Un gaz inerte barbote dans le flacon contenant l'échantillon d'eau à température ambiante : il se crée un équilibre thermodynamique entre la phase liquide et la phase gazeuse. Piégeage de la phase gazeuse sur colonne et désorption thermique.

La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- EPA 8021B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"
- EPA 8260A (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie en phase gazeuse avec colonne capillaire couplée à la spectrométrie de masse"

Sensibilité : Pour les xylènes dans les échantillons d'eau de surface, la limite de quantification par la méthode de dosage EPA 8021B est de 1 µg/l et la limite estimée de quantification par la méthode EPA 8260A est de 5 µg/l.

Interférences :

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection.

Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions.

L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des appareils comprenant des pièces en caoutchouc doivent être évités.

Méthode EPA 602 : Dosage des composés organiques dans les eaux de rejet industrielles ou municipales

Domaine d'application : Cette méthode "purge and trap" s'applique pour le dosage de composés aromatiques monocycliques volatils. Elle est destinée aux eaux provenant de décharges municipales ou industrielles.

Principe : L'échantillon d'eau prélevé est transféré de la phase aqueuse à la phase vapeur par barbotage avec un gaz inerte puis la vapeur est entraînée à travers un piège adsorbant servant à récupérer les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé et parcouru avec le même gaz inerte pour désorber les composés.

Le dosage est effectué soit :

- par chromatographie gazeuse avec détection par ionisation de flamme selon la méthode EPA 602,
- par chromatographie gazeuse avec spectrométrie de masse selon la méthode EPA 624 : "Dosage des composés organiques dans des eaux de rejets industrielles ou municipales".

Sensibilité : La limite de détection est de 0,2 µg/l.

Interférences :

Des composés organo-volatils peuvent venir contaminer les échantillons au travers du septum par diffusion.

Les échantillons très chargés et faiblement chargés doivent être analysés de façon séquentielle.

Le gaz utilisé pour l'entraînement des COV et les lignes de gaz utilisées pour le barbotage ne doivent pas être à l'origine de phénomènes de relargage ; utiliser de préférence du téflon.

Méthode EPA 3810 : Espace de tête statique (1986)

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont les xylènes) dans diverses matrices. Elle est applicable aux **échantillons d'eau**, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments.

Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés aromatiques volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 175°C.

La méthode dite "espace de tête statique" doit son nom à la technique mise en œuvre pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser.

La détection des organo-volatils (dont les xylènes) peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes

- EPA 8021 B (1996) "Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse"
- EPA 8240 B (1994) "Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse".

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase liquide.

Principe : L'échantillon est placé dans un flacon scellé jusqu'à l'obtention d'un équilibre thermodynamique à 90°C. Une seringue prélève alors une fraction de la phase gazeuse et l'injecte directement dans le chromatographe.

Interférences :

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection. L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.

Eviter de passer des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, il faut laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Amélioration des procédés - tous secteurs confondus

De façon générale, le meilleur moyen pour réduire les rejets de COV et donc de xylène est de limiter avant tout leur utilisation et donc d'agir à la source de la pollution. Pour cela plusieurs solutions sont envisageables lorsque le xylène est en particulier employé comme solvant. Il est tout d'abord important de développer des bonnes pratiques au sein des unités utilisant des solvants (INERIS, 2006-b) :

- bon entretien des équipements ;
- confinement des machines pour organiser des circuits fermés ;
- optimisation des procédés de nettoyage utilisant les solvants (rinçage à contre courant) ;
- récupération et recyclage des solvants dans les procédés chimiques.
- sensibilisation et formation du personnel vis à vis de la pollution des COV

Dans le cas des émissions par évaporation des carburants, l'équipement des postes de chargement des dépôts et raffineries, des cuves de stations services et des camions de ravitaillement avec des unités de récupération des COV se généralise. En Europe, les systèmes de distribution des stations services seront quant à eux progressivement équipés d'un dispositif de récupération des vapeurs d'essence. Grâce à l'emploi de ces techniques, les émissions de COVNM³²³, dus à la chaîne pétrolière hors terminaux pétrolier, ont été réduits de près des deux tiers entre 1990 et 2003. Il n'y a aujourd'hui, pratiquement plus d'émissions canalisées de COV, mais seulement des émissions diffuses. (INERIS, 2006-b)

Produits de substitution et changement de process dans les industries du secteur des déchets

Les xylènes étant essentiellement liés à l'utilisation de carburants et de solvants, les émissions potentielles liées au fonctionnement des industries du secteur des déchets (hormis les xylènes contenus dans les déchets traités), pourront être réduites d'une part en améliorant la gestion des eaux pluviales des zones d'approvisionnement en carburant des sites ainsi que des zones de stationnement des véhicules, et d'autre part en optimisant l'utilisation de solvants pour la maintenance des installations (récupérations des vapeurs, recyclage, rinçage à contre-courant, changement de solvant...).

En tant que solvant l'isopropylbenzène est préconisé en remplacement du xylène (INP, 2010)

Produits de substitution et changement de process dans les autres secteurs industriels

Le xylène technique est un solvant essentiellement utilisé dans la fabrication des peintures, des vernis, des colles, des encres d'imprimerie, mais également dans la synthèse des insecticides, des matières colorantes, dans l'industrie du caoutchouc et des produits pharmaceutiques. Toutefois, dans le secteur des peintures, encres et vernis, de nombreux efforts ont déjà été réalisés pour réduire les COV. Par exemple, les fabricants de peintures décoratives utilisent aujourd'hui des **solvants à base de white spirit désaromatisé**. Le xylène n'est utilisé comme solvant que pour des peintures contenant des plastifiants uniquement solubles dans des solvants aromatiques (d'après Akzo Nobel). (INERIS, 2006-c)

Les COV, et en particulier les xylènes dans leur utilisation en tant que solvants, sont amenés à disparaître progressivement du secteur des peintures et encres sauf pour de rares applications pour lesquelles il n'existe pas encore de solutions de remplacement (marine, aérospatiale). Néanmoins, certaines nouvelles solutions comme les peintures à l'eau posent encore quelques problèmes de pollutions. Souvent les utilisateurs nettoient leurs matériels directement à l'eau alors qu'il est préférable de récupérer les eaux de nettoyage ainsi que les restes de produits pour les faire ensuite traiter. Une solution pourrait être des peintures aqueuses composées de plastifiants d'origine végétale. De nombreuses entreprises proposent aujourd'hui des produits sans solvants dangereux servant à divers usages (décapages, peintures, nettoyage des surfaces, dégraissage). On peut citer une société qui propose un fluide multi-usages à base de solvants oxygénés, en substitution de diluants comme le xylène ou le toluène. D'autres entreprises développent des agro-solvants. (INERIS, 2006-b)

Dans le cas des isomères du xylène utilisés comme intermédiaires réactionnels, aucun produit de substitution n'a été trouvé. (INERIS, 2006-b)

On notera que le xylène servant à la fabrication des résines, les procédés de traitement des eaux par des résines sont susceptibles de relarguer des traces de monomères des résines susceptibles de se dégrader et d'être à l'origine de xylènes dans l'environnement.

³²³ COVNM : COV non méthaniques

Traitement par stripping

Le stripping est adapté aux polluants volatils. Ce procédé correspond à l'entraînement de produits volatils dissous dans l'eau par l'action d'un autre gaz. Les produits ainsi récupérés peuvent être soit réutilisés dans les processus de fabrication, soit détruits par combustion dans un four ou récupérés dans des solutions où ils sont fixés et/ou oxydés. Ce procédé est particulièrement efficace pour les hydrocarbures aromatiques (BTX) pour lesquels on peut atteindre 99% de performances. (INERIS, 2006-b)

Traitement par adsorption

Pour réduire les émissions de xylènes dans les rejets où ils sont peu concentrés, il est possible d'utiliser des procédés par adsorption sur charbon actif. Un tel procédé capable de traiter jusqu'à 60 m³/h d'effluents. (INERIS, 2006-b)

Traitement biologique

Des auteurs ont montré que si aucune culture pure n'avait la capacité de dégrader les BTEX en tant que seule source de carbone, les microorganismes en co-cultures sont plus efficaces. Par exemple, l'association de deux souches de *Pseudomonas putida* était optimale, l'une dégradant préférentiellement le benzène, le toluène et l'éthylbenzène, alors que l'autre utilisait le **p-xylène et le o-xylène** ainsi que le toluène comme substrat pour sa croissance. Ces auteurs suggèrent donc que la dégradation des BTEX est améliorée par des cultures bactériennes mixtes. (Lesage, 2009)

D'autres travaux sur la dégradation des BTEX par un champignon (*Cladophialophora sp.* souche T1) montrent l'aptitude de cet organisme, tout comme celle des bactéries, à dégrader ces molécules, excepté le benzène, par assimilation et cométabolisme. Le toluène et l'éthylbenzène servent alors de source de carbone et d'énergie alors que le **xylène** est cométabolisé. (Lesage, 2009)

Cas des traitements par boues activées : différentes études montrent, pour les substances volatiles comme les BTEX, que la biodégradation entre en compétition avec le phénomène de volatilisation dans les boues activées. (Lesage, 2009)

Le o-xylène s'est avéré être moins biodégradable que le m-xylène ou le p-xylène (INERIS, 2006-c). Il est susceptible de se biodégrader en conditions aérobies, avec des demi-vies annoncées de quelques jours à quelques semaines. Des informations (parfois contradictoires) semblent indiquer que les conditions dénitrifiantes ne sont pas favorables à la biodégradation du o-xylène en milieu anaérobie. (HSDB-o) et (INERIS, 2006-c).

Les m- et p-xylènes sont facilement biodégradables : en 13 jours, ces deux isomères ont été dégradés par des microorganismes provenant de boue de station d'épuration. (INERIS, 2006-c). En conditions anaérobies, et en présence de nitrates, leur demi-vie est de plusieurs mois. (HSDB-p)

REFERENCES

Barthet L. Contribution de l'évaluation de l'impact sur les écosystèmes de la valorisation de résidus de procédés thermiques en BTP [Rapport] : Thèse de doctorat / Ecole de Chimie de Lyon - Sciences et Techniques du Déchet. - Lyon : [s.n.], 2003. - p. 218 pages. - Thèse préparée à l'ENTPE.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - <https://projetamperes.cemagref.fr/>. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Xylènes [En ligne] // Toxnet. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~Vd2aLo:1>.

HSDB-m Hazardous Substance Data Bank - 3-xylène [En ligne] // Toxnet. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~PeJT0z:1>.

HSDB-o Hazardous Substance Data Bank - 2-xylène [En ligne] // Toxnet. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~zhDVie:4>.

HSDB-p Hazardous Substance Data Bank - 4-xylène [En ligne] // Toxnet. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~PeJT0z:3>.

INERIS Concentrations prévues sans effet dans l'environnement aquatique (PNECaqua), eau douce [En ligne] // INERIS Portail Substances Chimiques. - 2011. - consulté en janvier 2011. - URL à INSERER.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS o-, m-, p-xylènes - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-c. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. - 80 pages.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006-a. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BL.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INERIS Xylène - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006-b. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. - 29 pages.

INP La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Actes du colloque « Conservation-Restauration et Sécurité des personnes », Draguignan, 3-5 février 2010., - ISBN 978-2-9531978-1-5..

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Lesage G. Etude de l'élimination des substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation [Rapport] : Thèse de Doctorat / Génie des Procédés et de l'Environnement ; Université de Toulouse. - 2009. - p. 253 pages.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

RF circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau) [Bulletin Officiel du 28 juillet 2005] // en application de la directive européenne 2000/60/DCE du 23 octobre 2000, ainsi qu'à la démarche à adopter pendant la phase transitoire (2005-2007). - 12 2005. - Circulaire DE / MAGE / BEMA 05 / n° 14. - p. 17 pages. - circulaire DCE 2005/12.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

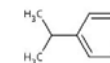
CUMENE / ISOPROPYLBENZENE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales** ³²⁴:

- cumène
- 2-phénylpropane
- cumeen
- cumol
- isopropyl-benzol

- benzène, (1-méthyl-éthyl)-
- propane, 2-phenyl
- benzene, isopropyl
- isopropilbenzene

- NSC 8776 - AI3-04630 - CCRIS 9455

Formule semi-développée : C₉H₁₂**N° CAS** : 98-82-8**Formule développée**

Familles :

BTEX
Hydrocarbures aromatiques
Dérivés du benzène
Arène monocyclique
Alkylbenzène

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 120,19 g/mol
Solubilité dans l'eau : 61,3 mg/l à 25°C (NLM, 2012) (NCBI)
 50 mg/l à 20°C (TOXNET) (NCBI)
 solubilité nulle (NIOSH, 2000)
Pression de vapeur : 4,5 mm Hg à 25°C (NLM, 2012) (NCBI)
 3,2 mm Hg à 20°C (TRI, 2012) 427 Pa à 20°C (NIOSH, 2000)
Point éclair : 39°C coupelle fermée (TOXNET) (TRI, 2012)
 31°C coupelle fermée (NIOSH, 2000)
Temps de ½ vie dans le sol : facilement biodégradable dans les sols (TOXNET)
Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 34,6 j (TOXNET)
Constante de Henry : 0,0115 atm·m³/mole (NLM, 2012) à 25°C (NCBI)
Log Kow : 3,66 (NLM, 2012) (TOXNET) (NCBI) (NIOSH, 2000)
Koc : 820 (estimé) (TOXNET)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Combustible (TRI, 2012)
- Normalement stable, l'isopropylbenzène peut devenir instable à température et à pression élevées, ou au contact de matériaux susceptibles de réagir au contact de l'eau avec dégagement d'énergie, mais sans explosion. (TOXNET)
- Substance facilement inflammable dans des conditions normales de température et de pression. (TOXNET)
- L'isopropylbenzène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type Wil-Flex™, polyuréthane, néoprène, Buna-N³²⁵.
- L'hyperoxyde d'isopropylbenzène peut se décomposer violemment au contact de cuivre et des alliages de cuivre, du plomb, des acides minéraux et des substances réductrices. Il donne lieu à une forte réaction exothermique au contact de poudre de carbone à température ambiante Il n'est pas sensible aux chocs. (Leleu, et al., 2004)
- Le mélange isopropylbenzène / acide chlorosulfonique, acide nitrique ou acide sulfurique fumant en milieu fermé provoque une élévation de la pression et de la température. (TOXNET)
- Incompatible avec les agents oxydants (TOXNET)
- Moyennement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006) (TOXNET)

³²⁴ Liste non exhaustive (186 synonymes recensés sur le site PubChem)

³²⁵ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

Dans des boues activées, en milieu aérobie et en présence de *Pseudomonas putida* : dégradation de l'isopropylbenzène en composés orthodihydroxy- dans lesquels la chaîne isopropyl reste intacte. (HSDB, 2010)

En présence de divers *Pseudomonas*, on obtient de l'acide (+)-2-hydroxy-7-méthyl-6-oxo-octanoïque via le 3-isopropylcatéchol. (HSDB, 2010)

Impuretés :

Les principales impuretés de l'isopropylbenzène sont des composés sulfurés (max 2 ppm) et des oléfines (200 à 700 ppm) (TOXNET)

Les impuretés de l'isopropylbenzène sont l'éthylbenzène (200 ppm), le n-propylbenzène (300 ppm), le butylbenzène (200 ppm), brome (50 ppm) ainsi que des composés sulfurés (TRI, 2012)

Les impuretés sont des composés sulfurés (2 ppm) et des matériaux de type oléfines (200 à 700 ppm) (HSDB, 2010)

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures : NQE : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE)

NQEp³²⁶ : (Circ. 2007-23) : 32 µg/l³²⁷

LQ circ 05/01/09 = 1 µg/l

Note : NQEp / LQ : compatibles

PNEC chronique eau douce : 0.022 mg/l (INERIS, 2012)

Occurrence de l'isopropylbenzène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés³²⁸ du secteur 3 est de **3,44 g/lj** (15 sites - 92 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

L'isopropylbenzène n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets des sous-secteurs du secteur 3. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'isopropylbenzène de l'ensemble du secteur 3. Les contributions respectives des flux de chaque sous secteur ne sont pas non plus représentatives.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, l'isopropylbenzène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité³²⁹

- Pas d'information disponible

³²⁶ http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf

³²⁷ NQEp "Norme de qualité provisoire" à retenir pour les substances pertinentes de la liste II hors métaux (liste des 99 substances") - valeur issue de l'arrêté du 20 avril 2005 modifié pris en application du décret du 20/04/05 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses

³²⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

³²⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC³³⁰ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE³³¹**
 - L'isopropylbenzène n'est pas concerné
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)³³²**
 - L'isopropylbenzène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances³³³ :**
 - Substance n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - L'isopropylbenzène ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001³³⁴**
 - L'isopropylbenzène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : l'isopropylbenzène n'est pas concerné³³⁵
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation³³⁶**
 - Annexe 1 : l'isopropylbenzène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - L'annexe 5 proscrit la filtration des effluents aqueux pour l'analyse de l'isopropylbenzène
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 1 µg/l
- **Substances PBT : l'isopropylbenzène n'est pas listé (INERIS, 2012)**

³³⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

³³¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

³³² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

³³³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

³³⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

³³⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

³³⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION ET EMISSIONS INVOLONTAIRES

L'isopropylbenzène existe à l'état naturel. On le trouve en particulier dans diverses essences végétales, dans des plantes de marais (TOXNET), dans les huiles minérales brutes et les essences raffinées, ainsi que dans le goudron de houille ainsi qu'à l'état de traces dans un grand nombre d'aliments tels que des sapotilles, des papayes, du miel, des tomates, du raisin, du riz cuit, du gruau d'avoine, des pommes de terre cuites, du fromage de Beaufort, du poulet frit, du bacon frit, des légumes secs (haricots, lentilles, pois cassés...) (TRI, 2012)

L'isopropylbenzène peut être libéré dans l'environnement lors de sa fabrication et de son transport, ainsi que lors de la dispersion des carburants fossiles ou de leur combustion incomplète. Les stations essences et la circulation routière sont elles aussi des sources d'émission d'isopropylbenzène dans l'atmosphère. (TOXNET)

La combustion du tabac est une source d'émission d'isopropylbenzène (TOXNET)

Les autres sources anthropogéniques diffuses d'isopropylbenzène dans l'environnement sont : les opérations de vulcanisation des caoutchoucs, les matériaux de construction, les avions, la maintenance des moteurs, l'utilisation des solvants, la fabrication de peintures, la production pharmaceutique et les industries textiles. Dans une moindre mesure, l'isopropylbenzène est aussi rejeté dans l'environnement par les activités de tannerie, la fabrication du fer et de l'acier, le pavage et le tuilage, la formulation des teintures et des encres, l'imprimerie et l'édition, l'extraction de minerai et de charbon, le plaquage électrolytique la production de pâte et papier. (TOXNET)

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

En théorie, tout l'isopropylbenzène produit est oxydé en hydro-péroxyde de cumène, lui-même ensuite dissocié par catalyse en phénol et en acétone (HSDB, 2010)

L'isopropylbenzène est élaboré par distillation à partir du naphte issu du goudron de houille, ou à partir du pétrole, de l'alkylation du benzène avec du propylène (et de l'acide phosphorique solide comme catalyseur) (HSDB, 2010)

De l'isopropylbenzène de pureté élevée peut être produit soit par raffinage, soit par vapocraquage du propylène (HSDB, 2010)

Utilisation générale

Plus de 95% de l'isopropylbenzène produit est utilisé comme matière première pour la production du phénol et de l'acétone, ainsi que, dans une moindre mesure, pour la production d' α -méthylstyrène. (NCBI)

L'isopropylbenzène est utilisé principalement comme solvant pour les peintures, les émaux et les laques, ainsi que comme solvant pour les graisses et les résines. (HSDB, 2010)

L'isopropylbenzène est préconisé en remplacement du benzène (HSDB, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- L'utilisation spécifique de l'isopropylbenzène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.
- Il est possible qu'il soit utilisé comme solvant dans des opérations de maintenance des installations.

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Raffinage, dépôts et terminaux pétroliers**

- fabrication des carburants à indice d'octane élevé pour avions (HSDB, 2010)
- fabrication de mélanges d'essences (HSDB, 2010)
- l'isopropylbenzène est un constituant du naphte et de l'asphalte (HSDB, 2010)

Industrie de la chimie :

- synthèse du styrène (HSDB, 2010)
- synthèse de l'acétophénone, du phénol, de l'acétone et du 2-méthylstyrène (HSDB, 2010)
- synthèse catalyseurs de polymérisation, de di-isopropylbenzène, catalyseurs pour des résines de type acrylique et polyester (HSDB, 2010)
- matière première pour la synthèse de peroxydases et catalyseurs d'oxydation (HSDB, 2010)

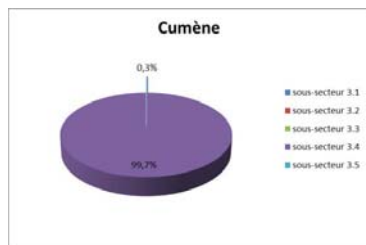
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés d'isopropylbenzène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **3,44 g/j**, (15 sites -92 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 4 sites (22 mesures - contributeur à **0,3%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 1 site (6 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 1 site (9 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (45 mesures - contributeur à **99,7%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **3,43 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 0 site

Répartition des flux en isopropylbenzène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : l'isopropylbenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.4. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux d'isopropylbenzène de l'ensemble du secteur 3.

L'isopropylbenzène n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Note : cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Présence dans l'environnement

Compartment atmosphérique

La présence de l'isopropylbenzène dans l'air des villes est suivie dans le cadre de plusieurs programmes nationaux et internationaux. Les données françaises sont disponibles sur Internet (www.atmonet.org) (INERIS, 2009-b).

Eau & sédiments

La ½ vie de l'isopropylbenzène présent dans l'eau par volatilisation a été modélisée ; elle est de 1,2 heures en rivière et de 4,4 jours en milieu lacustre (TOXNET)

Sols

Pas d'informations disponibles dans les références consultées.

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles de l'isopropylbenzène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage
01 05 05* boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures

03 Déchets de la transformation du bois, de la production de panneaux, meubles, pâte à papier, papier, carton

03 03 Déchets provenant de la production et de la transformation de papier, de carton et de pâte à papier
03 03 05 boues de désencrage provenant du recyclage du papier

04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

04 02 Déchets de l'industrie textile
04 02 14* déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

05 Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon

05 01 Déchets provenant du raffinage du pétrole
05 01 05* hydrocarbures accidentellement répandus
05 01 06* boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation ou des équipements

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
07 01 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 01 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
07 01 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
07 01 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
- 07 02 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 02 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 02 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 02 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
- 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
- 07 07 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 07 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 07 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 07 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 07 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
- 12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 07* huiles d'usinage à base minérale sans halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
 - 12 01 09* émulsions et solutions d'usinage sans halogènes
 - 12 01 10* huiles d'usinage de synthèse
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des substances dangereuses

13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- 13 04 Hydrocarbures de fond de cale
- 13 04 01* hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
 - 13 04 02* hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de môles
 - 13 04 03* hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation

- 13 05 Contenu de séparateurs eau/hydrocarbures
- 13 05 01* déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 02* boues provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 03* boues provenant de déshuileurs
 - 13 05 06* hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 07* eau mélangée à des hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
 - 13 05 08* mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- 15 02 Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection
- 15 02 02* absorbants, matériaux filtrants (dont les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chapitres 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
- 16 01 03 pneus hors d'usage
 - 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 07 Déchets provenant du nettoyage de cuves et fûts de stockage et de transport (sauf chapitres 05 et 13)
- 16 07 08* déchets contenant des hydrocarbures
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des substances dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des substances dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des substances dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
- 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des substances dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des substances dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
- 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 13* solvants
- 20 03 Autres déchets municipaux
- 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Aucune information disponible sur les sites d'AQUAREF ou dans les fiches INERIS.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX BRUTES, LES EAUX POTABLES OU EN COURS DE POTABILISATION

Méthode EPA 524.2 : "Purge and Trap" en chromatographie gazeuse / Spectrométrie de masse

Domaine d'application : La méthode est applicable pour la détermination des composés aromatiques volatils dans les eaux naturelles, les eaux potables, et les eaux brutes en cours de potabilisation.

Sensibilité : La limite de détection pour l'isopropylbenzène est de 0,10 µg/l

Méthode EPA 502.2 : "Purge and Trap" en chromatographie gazeuse colonne capillaire avec détecteurs de photo-ionisation et de conductivité électrolytique en série

Domaine d'application : La méthode est applicable pour la détermination des composés aromatiques volatils dans les eaux naturelles, les eaux potables, et les eaux brutes en cours de potabilisation.

Sensibilité : La limite de détection pour l'isopropylbenzène est de 0,05 µg/l

Méthode EPA 503.1 : "Purge and Trap" en chromatographie gazeuse avec détecteur de photo-ionisation en série

Domaine d'application : La méthode est applicable pour la détermination des composés aromatiques volatils dans les eaux naturelles, les eaux potables, et les eaux brutes en cours de potabilisation.

Sensibilité : La limite de détection pour l'isopropylbenzène est de 0,005 µg/l

La sensibilité de cette méthode est directement liée à la concentration en isopropylbenzène dans l'échantillon et indépendante de la matrice.

AUTRES METHODES DE DOSAGE

Méthode ASTM 3760 : Analyse de l'isopropylbenzène par chromatographie gazeuse (janvier 2008)³³⁷

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Produits de substitution

L'isopropylbenzène utilisé en remplacement de substances plus dangereuses :

- ✓ L'isopropylbenzène est préconisé en remplacement du benzène (HSDB, 2010) (INP, 2010)
- ✓ Pour certaines applications, en particulier ses propriétés de solvants, l'isopropylbenzène, est utilisé en remplacement du toluène (INP, 2010)

Biodégradation aérobie en milieu naturel

La biodégradation de l'isopropylbenzène (à une concentration initiale de 2,5 mg/l) au contact d'eau de rivière et de sédiment en conditions aérobies et en système clos a montré une demi-vie de 34,6 jours, ce qui permet de prévoir un temps de résidence de l'isopropylbenzène relativement bref en milieu naturel (TOXNET)

³³⁷ <http://www.boutique.afnor.org/norme/astm-d-3760/-/article/756113/us033208#info>

REFERENCES

ChemPlusLite [En ligne]. -

http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/ProxyServlet?objectHandle=Search&actionHandle=getAll3DMViewFiles&nextPage=jsp%2Fcommon%2FChemFull.jsp%3FcalledFrom%3Dlite&chemid=0000098828&formatType=_3D.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Cumene [En ligne] // Toxnet. - 2010. - version du 27-04-2010. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~TpidMT:1>.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] // Some Industrial Chemicals. - 2000. - Vol. monographie 77. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/mono77-10.pdf>.

INERIS Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques - Cumène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2012. - Mise à jour du 03/07/2012. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/694>. - 6 pages.

INERIS Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France [Rapport] : Rapport d'étude / Direction des Risques Chroniques. - 2009-b. - p. 113 pages. - N°DRC 08-94882-15772A.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BL.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

INP La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Palmade-le Dantec, N.; Picot, A. - Actes du colloque « Conservation - Restauration et Sécurité des personnes » - Draguignan, 3-5 février 2010,. - ISBN 978-2-9531978-1-5..

INP La prévention du risque : le remplacement des solvants les plus toxiques par des solvants moins toxiques [En ligne] // Institut National du Patrimoine. - 2010. - Actes du colloque « Conservation - Restauration et Sécurité des personnes », Draguignan, 3-5 février 2010,. - ISBN 978-2-9531978-1-5..

IPCS INCHEM - Cumene [En ligne] = Concise International Chemical Assessment Document 18 // Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations & Canadian Center for Occupational Health and Environmental Safety (CCOHS). - IPCS - International Programme on Chemical Safety, 2012. - <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad18.htm>.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

NIOSH Fiches de données de sécurité - Cumene [En ligne] // The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / éd. Cards International Program Safety. - 2000. - 2011. - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfrn/nfrn0170.html>.

NLM ChemIDplus Advanced Lite - Cumene [En ligne] // United States National Library of Medicine. - 2012. - http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/ProxyServlet?objectHandle=Search&actionHandle=getAll3DMViewFiles&nextPage=jsp%2Fcommon%2FChemFull.jsp%3FcalledFrom%3Dlite&chemid=0000098828&formatType=_3D.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

TRI NTP Nomination History and Review - Cumene [En ligne] // NTP - National Toxicology Program - USA. - 2012. - http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/Cumene.pdf. - 96 pages. - Prepared for NTP by Technical Resources International, Inc. under Contract No. NO1-CB-50511.

CHLOROBEZENE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**³³⁸

- benzene chloride	- monochlorobenzène
- chlorobenzol	- phenyl chloride
- Tetrosin SP	- NCI-C54886
- I P Carrier T 40	- CP27
	- MCB

Formule semi-développée : C₆H₅Cl**N° CAS : 108-90-7****Formule développée****Familles :**

BTEX
Hydroc. aromatiques halogénés
Hydroc. aromatiques chlorés
Chlorobenzène
Hydrocarbure cyclique

Propriétés physico-chimiques :**Masse molaire** : 112,56 g/mol (HSDB, 2010)**Solubilité dans l'eau** : 498 mg/l à 25°C (HSDB, 2010)**Pression de vapeur** : 1,171 kPa à 20°C (NIOSH, 2011) (INERIS, 2005)
1,580 kPa à 25°C (INERIS, 2005)**Point éclair** : 27°C (coupelle fermée) (NIOSH, 2011)
29,2°C (coupelle fermée) (HSDB, 2010)**Temps de ½ vie dans le sol** : 117 jours (Jourdain, et al., 2007)**Temps de ½ vie dans l'eau de surface** : 3,8 heures (INERIS, 2005)
150 jours (HSDB, 2010)**Constante de Henry** : 3,11*10⁻³ atm*m³/mol à 25°C (HSDB, 2010)**Log Kow** : 2,18 - 2,84 (NIOSH, 2011) 2,84 (HSDB, 2010)
2,85 (2,78-2,98) (INERIS, 2005) 2,86 (US-EPA, 1996)**Koc** : 219 (US-EPA, 1996) 224 l/kg (83-500) (INERIS, 2005)**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**

- Le chlorobenzène réagit avec certains des élastomères utilisés dans des pompes, de type polyuréthane, Wil-Flex™, Buna-N®, Nordel®, ou Sani-Flex®, mais aussi avec l'aluminium et le polypropylène.³³⁹
- Moyennement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)
- Le chlorobenzène attaque certains plastiques et caoutchoucs ainsi que certains revêtements. (HSDB, 2010)
- Le contact avec des oxydants forts peut causer des explosions ou un incendie (HSDB, 2010)
- Réactions violentes au contact de AgClO₄ (HSDB, 2010)
- Réactions explosives possibles en présence de poudre de sodium ou de trichlorure de phosphore. (HSDB, 2010)
- La chaleur rend le chlorobenzène instable. Il est stable à l'air, à l'humidité, et à la lumière à température ambiante et à pression atmosphérique (HSDB, 2010)
- La substance se décompose en chauffant fortement au contact de surfaces chaudes ou de flammes, produisant des fumées toxiques et corrosives (NIOSH, 2011)

³³⁸ Liste non exhaustive (35 synonymes recensés sur le site PubChem)³³⁹ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

Généralement, les produits directs de la biodégradation du monochlorobenzène sont le 2- et le 4-monochlorophénol. (INERIS, 2005)

Impuretés :

Les principales impuretés du chlorobenzène commercial sont le benzène (<0,02%) et les dichlorobenzènes (<0,05%) (HSDB, 2010)

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures NQE-MA³⁴⁰ : absence de données (Dir. 2008/105/CE)

NQEp³⁴¹ : (Circ. 2007-23)³⁴² : 32 µg/l

LQ circ 05/01/09 = 1 µg/l

Note : NQEp / LQ : compatibles

PNEC_{eau} : 32 µg/l (INERIS, 2005)

Occurrence du chlorobenzène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés³⁴³ du secteur 3 est de **0 g/j** (12 sites -59 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le chlorobenzène n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets des sous-secteurs du secteur 3. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de chlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

Selon ces données, le chlorobenzène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité³⁴⁴

- Traitement possible par stripping

- Traitement possible par adsorption

³⁴⁰ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

³⁴¹ NQEp : "Norme de qualité provisoire pour les substances pertinentes de la liste II hors métaux (liste des 99 substances) http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf

³⁴³ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

³⁴⁴ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC³⁴⁵ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE³⁴⁶**
 - Le chlorobenzène n'est pas concerné
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)³⁴⁷**
 - Le chlorobenzène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances³⁴⁸.**
 - Le chlorobenzène n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :		Codes de danger :	
Flam. Liq. 3	H226	liquide et vapeurs inflammables, cat.de danger 3	
Acute Tox. 4	H332	Nocif par inhalation, danger aigu, cat. 4	
Aquatic Chronic 1	H411	Toxique pour le milieu aquatique	
		Entraîne des effets à long terme	
		Danger chronique, cat. 1	
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001³⁴⁹**
 - Le chlorobenzène n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : le chlorobenzène n'est pas concerné³⁵⁰
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation³⁵¹**
 - Annexe 1 : le chlorobenzène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets : 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - L'annexe 5 précise les conditions qui sous-tendent la réalisation de blancs d'atmosphère pour l'interprétation des résultats d'analyse du chlorobenzène dans les effluents aqueux et proscrit la filtration des échantillons.
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 1 µg/l

³⁴⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

³⁴⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

³⁴⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

³⁴⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

³⁴⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

³⁵⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

³⁵¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION ET EMISSIONS INVOLONTAIRES

La production et l'utilisation du chlorobenzène comme intermédiaire de synthèse chimique, comme solvant et comme agent caloporteur est source d'émissions dans l'environnement (HSDB, 2010)

Dans l'environnement, le monochlorobenzène peut être un sous-produit issu de la biodégradation des polychlorobenzènes, (INERIS, 2005)

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

Le chlorobenzène est synthétisé par chloration directe du benzène en présence d'un catalyseur avec une co-production simultanée de o-dichlorobenzène et de p-dichlorobenzène (HSDB, 2010)

Le chlorobenzène est obtenu en mélange avec du dichlorobenzène et d'autres produits chimiquement voisins, par chloration du benzène en présence d'un catalyseur (chlorure ferrique, stannique ou alumineux). Il est ensuite extrait par distillation et cristallisation. (INERIS, 2005)

Le déclin de la production de chlorobenzène à partir de 1960, aux USA, résulte de deux causes principales : abandon du chlorobenzène au profit du cumène pour la fabrication de phénol, et baisse, voire arrêt, de la production des pesticides ou insecticides (DDT) utilisant le chlorobenzène comme intermédiaire chimique dans leur fabrication. L'absence d'informations ne permet pas de confirmer une évolution similaire de la production européenne. (INERIS, 2005)

Utilisation générale

Le chlorobenzène est utilisé principalement comme intermédiaire de synthèse de l'aniline, du phénol, (du DDT) et de nombreux composés chimiques, ainsi que comme solvant pour les peintures et agent caloporteur. Il est aussi parfois employé comme solvant de nettoyage à sec (HSDB, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique du chlorobenzène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée

Il est possible qu'il soit utilisé comme solvant dans des opérations de maintenance des installations.

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Industrie de la pétrochimie**

- Solvant pour la préparation des revêtements en bitume ou en asphalte (HSDB, 2010)

Industrie de la chimie

- Synthèse de l'aniline, du phénol (et du DDT) (HSDB, 2010)
- Après nitratisation, le chlorobenzène est ensuite converti en nitrophénol, nitroanisole, nitrophénétol, chloroaniline, et phénylènediamine, utilisés pour l'élaboration de colorants, produits phytosanitaires et pharmaceutiques, ou caoutchoucs synthétiques (HSDB, 2010)
- Solvant des peintures, teintures adhésifs, cires, produits pharmaceutiques, des di-isocyanates et du caoutchouc naturel (INERIS, 2005)
- Intermédiaire dans la fabrication de composés organiques halogénés notamment pesticides et insecticides (INERIS, 2005)

Traitement de surface

- Utilisé pour l'application de revêtements de surface (HSDB, 2010)
- Utilisé pour décaper les revêtements de surface (HSDB, 2010)

Industrie textile

- Agent de gonflement des fibres textiles (HSDB, 2010)
- Vecteur de colorants (HSDB, 2010)

Autres secteurs majoritaires

- Dégraissage et nettoyage des goudrons et des graisses (HSDB, 2010)
- Employé comme fluide diélectrique et fluide de transfert de chaleur (INERIS, 2005)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de chlorobenzène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 0 g/j, (12 sites -59 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1 :** 0 site
- Sous-secteur 3.2 :** 2sites (7 mesures)
- Sous-secteur 3.3 :** 1 site (9 mesures)
- Sous-secteur 3.4 :** 9 sites (43 mesures)
- Sous-secteur 3.5 :** 0 site

Note : le chlorobenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.4. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux de chlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

Le chlorobenzène n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Note : cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Cas de rejets de stations d'épurations urbaines :

Les résultats de la première campagne du RSDE (2002-2006) pour la région Rhône-Méditerranée font apparaître un flux en sortie de station d'épuration urbaine supérieur à 1 kg/j pour 6 substances dangereuses dont le chlorobenzène. (Lagarrigue, 2011)

Présence dans l'environnement

Les données disponibles sur le chlorobenzène montrent qu'il peut éventuellement être biodégradé, mais faiblement tant que les microorganismes présents disposent d'autres sources de carbone. (HSDB, 2010)

Compte tenu du potentiel de dégradation par photolyse et biodégradation, le chlorobenzène est relativement peu persistant dans l'environnement. (INERIS, 2005)

Compartiment atmosphérique

Dans l'atmosphère, le chlorobenzène est présent sous forme de vapeur. (INERIS, 2005)

Dans l'atmosphère, le chlorobenzène est dégradé par réaction photochimique sous forme de radicaux hydroxylés. La $\frac{1}{2}$ vie est de 21j. Parmi les radicaux formés, on trouve le monochloro-biphényle, des chlorophénols et des phénols comme sous-produit de la photolyse. (INERIS, 2005)

Concentrations ubiquitaires dans l'air : 0,1 ng/m³ (INERIS, 2005)

Eau & sédiments

Lorsqu'il est relargué dans l'eau, le chlorobenzène est adsorbé sur les matières en suspension et les sédiments (INERIS, 2005)

D'une manière générale, la capacité de mobilisation d'un contaminant organique à partir d'un sédiment est d'autant moins grande que l'hydrophobicité et l'affinité avec la matière organique (Koc) du contaminant sont importantes, que le sédiment possède une teneur en matières organiques élevée et une texture fine, et que le temps de contact particule-molécule augmente. Globalement, les constantes de désorption rapide et lente des HAPs, PCBs et **chlorobenzènes** sont du même ordre de grandeur ($k_{rap}=10^{-1}/h$ et $k_{low}=10^{-3}/h$). Les composés hydrophobes chlorés, dont les chlorobenzènes, se désorbent très lentement et une large part de ces contaminants peut apparaître réfractaire à la désorption. **Ces composés étant faiblement biodégradables, ils peuvent donc persister dans les sédiments**, même si les sédiments sont soumis à des processus de remise en suspension/oxydation. (Bonnet, 2010)

La **volatilisation du chlorobenzène à partir des eaux de surface** est considérée comme un processus important de transfert inter-compartiments. Des calculs de modélisation sur eau de rivière ont permis de calculer des temps de demi-vie de l'ordre de 3 heures, alors que des calculs similaires effectués sur des eaux de lac fixent les temps de demi-vie aux alentours de 4 jours. (INERIS, 2005)

Soils

Dans le sol, la mobilité du chlorobenzène est modérée à élevée. (INERIS, 2005)

Compte tenu de sa constante de Henry, sa volatilisation à partir de sols humides est probablement une voie de transfert privilégiée vers d'autres compartiments environnementaux. (INERIS, 2005)

La biodégradation du chlorobenzène dans les compartiments terrestres est variable. (INERIS, 2005)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles de l'isopropylbenzène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base
 - 07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 - 07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
 - 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs
 - 07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
- 12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)
 - 12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

- 14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et propulseurs d'aérosols/de mousses organiques
- 14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC
 - 14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés
 - 14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
- 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
 - 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
 - 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX (INERIS, 2005)

Prélèvements et conditionnement

Collecte d'un échantillon représentatif dans un contenant en verre

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse

Extraction / préparation

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- ✓ **Par headspace** : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- ✓ **Par purge and trap** : l'échantillon d'eau est chauffé et balayé par un flux connu de gaz inerte, puis les vapeurs sont entraînées à travers un piège adsorbant solide, servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé sous balayage d'un flux connu de gaz inerte, ce pour entraîner une désorption des composés visés.
- ✓ **Par extraction liquide/liquide** : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- ✓ **Par SPME (Solid Phase Micro Extraction)** : Cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode head space et la méthode purge and trap. Le principe consiste à introduire une fibre de silice garnie de phase stationnaire (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon scellé. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents en phase gazeuse vers la phase solide. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode head space (CG/FID, CG/MS). Les cinétiques d'absorption/désorption étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque fois (changement de matrice de l'échantillon) de bien optimiser ces paramètres. C'est cependant une méthode qui commence à être couramment utilisée dans les laboratoires (méthode intéressante pour faire un balayage rapide des échantillons à analyser).

Dosage

Quelle que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse et dans un deuxième temps détection et dosage par un détecteur FID ou spécifique (ECD, PID ou SM). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisées en fonction de la matrice présente.

METHODES DE DOSAGE**NF EN ISO 10301 (T90-125) – Qualité de l'eau – Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils – Méthodes par chromatographie en phase gazeuse. (1997)**

Domaine d'application : La norme prescrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils (dont le chlorobenzène), par chromatographie en phase gazeuse (CG/ECD ou tous autres détecteurs appropriés) :

- La première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide dans les eaux potables, les eaux souterraines, les eaux de piscine, la plupart des eaux de rivières et de lac, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels. La valeur limite de quantification pour le chlorobenzène n'est pas indiquée.
- La deuxième méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique. La valeur limite de quantification pour le chlorobenzène n'est pas indiquée.

Interférences :

- **Méthode par extraction liquide/liquide :** Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons et aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.
- **Méthode par espace de tête :** Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et de l'analyse. Il est recommandé d'effectuer des essais à blanc.
- Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure à 5 mg/L, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, préparer des solutions étalons et de blanc dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.
- Éviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire.

NF ISO 11423-1 (T90-155) - (1997) – Qualité de l'eau – Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques. Partie 1 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse de l'espace de tête.

Domaine d'application : Cette méthode s'adresse aux laboratoires ayant à doser le benzène et certains dérivés benzéniques dans la plupart des types d'eaux ; elle est susceptible de servir de référence dans la réglementation française relative à la qualité des eaux. Elle est applicable à la détermination du benzène dans des échantillons homogènes d'eau et d'eau résiduaire à des concentrations supérieures à 2 µg/L. Dans des échantillons organiquement pollués, la limite de détermination peut, suivant la matrice de l'échantillon, être supérieure.

D'autres dérivés et composés apolaires présentant des propriétés physiques similaires peuvent également être déterminés par cette méthode, c'est le **cas du chlorobenzène**. Il convient alors de vérifier l'applicabilité de la méthode à l'échantillon d'eau donné.

Interférences :

- Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.
- La méthode d'espace de tête permet de limiter les interférences dues aux matières en suspension ou aux émulsifiants. Cependant, la présence de solvant peut modifier l'équilibre normal avec la phase gazeuse, et la présence d'une seconde phase liquide empêche l'utilisation de la méthode d'espace de tête.

ISO DIS 11423-2 (T90-155) – Qualité de l'eau – Détermination du benzène et de certains dérivés benzéniques. Partie 2 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse après extraction. (1997)

Domaine d'application : Cette méthode s'adresse aux laboratoires ayant à doser le benzène et certains dérivés benzéniques dans l'eau et dans l'eau résiduaire à des concentrations supérieures à 5 µg/L. Dans des échantillons fortement pollués par des composés organiques, la limite de détermination peut, suivant la matrice de l'échantillon, être supérieure.

D'autres dérivés et composés apolaires présentant des points d'ébullition semblables peuvent également être déterminés par cette méthode, **c'est le cas du chlorobenzène**. Il convient alors de vérifier l'applicabilité de la méthode à l'échantillon d'eau donné.

Interférences :

- Des composés organiques volatils de l'air ambiant peuvent contaminer les échantillons d'eau et l'eau utilisée pour les essais à blanc, ce qui entraîne respectivement des limites de détection élevées et des valeurs de blanc élevées.
- Il convient que les échantillons ne soient pas en contact avec des matières plastiques pour éviter les erreurs dues à la sorption ou la désorption de constituants.
- Les agents de surface, les émulsifiants et les teneurs plus élevées en solvants polaires, comme la propanone ou le méthanol affaibliront la procédure d'extraction.
- Les matières en suspension ou les émulsifiants affectent l'extraction et la récupération.
- La présence d'une seconde phase liquide (par exemple huile minérale, hydrocarbures halogénés organiques, graisse émulsifiée et amidon) affectera l'échantillonnage, la préparation des échantillons et l'extraction.
- Seule la teneur de la phase aqueuse sera déterminée ; il est possible, cependant, de déterminer la teneur de la seconde phase liquide séparément.

EPA 5030A (1992) : Purge and Trap

Domaine d'application : La méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le chlorobenzène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. La méthode EPA 5030A peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition au-dessous de 200 °C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau. Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique, toutefois, les limites de quantification (par GC/FID ou GC/MS) sont approximativement 10 fois plus élevées.

La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-halogénés volatils (**dont le chlorobenzène**) par purge and trap. La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- ✓ **EPA 8021B (1996) «Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse»** .Pour le chlorobenzène, dans les échantillons d'eau de surface, la limite de quantification avec cette méthode de dosage est de 1 µg/L
- ✓ **EPA 8260A (1994) «Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse avec colonne capillaire»**. Pour le chlorobenzène, dans les échantillons d'eau de surface, la limite de quantification avec cette méthode de dosage est de 5 µg /L.

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection.
- Les sources majeures de contamination sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions du système SM.
- L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des composés en caoutchouc doivent être évités.

Méthode EPA 602 (1988) – Dosage des composés organiques dans des eaux de rejets industriels ou municipales.

Domaine d'application : Cette méthode «Purge and trap» s'applique pour le dosage de composés aromatiques monocycliques volatils (dont le chlorobenzène). Elle est destinée aux eaux provenant de décharges municipales ou industrielles. La limite de détection est de 0,2 µg/L.

Le dosage est effectué soit :

- ✓ Par chromatographie gazeuse avec détection par ionisation de flamme, selon la méthode EPA 602.
- ✓ Par chromatographie gazeuse avec spectrométrie de masse selon la méthode EPA 624 : «Dosage des composés organiques dans des eaux de rejets industriels ou municipales». Dans ce cas, la limite de détection est de 6 µg/L.

Interférences :

- Des composés organo-volatils peuvent venir contaminer les échantillons au travers des septums par diffusion ; il est donc important de prévoir des blancs de stockage en enceinte.
- Les échantillons très pollués et faiblement pollués doivent être analysés de façon séquentielle.
- Le gaz utilisé pour l'entraînement des COV et les lignes de gaz ne doivent pas être à l'origine de phénomènes de relargage ; utiliser de préférence du téflon.

EPA 3810 (1986) Espace de tête statique

Domaine d'application : Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le chlorobenzène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés aromatiques volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 175°C (Le point d'ébullition du **chlorobenzène** est de 131,7°C).

La méthode dite «espace de tête statique» doit son nom à la technique mise en œuvre pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser. La détection des organo-volatils (**dont le chlorobenzène**) peut être effectuée selon les diverses méthodes US EPA suivantes :

- ✓ **EPA 8021B (1996) «Dosage des composés aromatiques et halogénés volatils par chromatographie en phase gazeuse»**
- ✓ **EPA 8240B (1994) «Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse»**.

La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase liquide.

Interférences :

- Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils au niveau du système d'injection.
- L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.
- Éviter de passer des échantillons peu pollués après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105°C.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et changement de process dans les autres secteurs industriels**

- **Autres secteurs**

Dans certains cas, le chlorobenzène est utilisé comme produit de substitution du benzène (RMC, 2010)

Traitements par stripping**Traitement par adsorption****Traitement biologique**

Les mécanismes de biodégradation du chlorobenzène (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A (Jourdain, et al., 2007)

Certains microorganismes ont montré qu'ils étaient capables de dégrader le chlorobenzène : *Pseudomonas putida* (cultivé sur du toluène) ainsi qu'une souche bactérienne non identifiée (référéncée WR1306). (Landis, et al., 1999)

REFERENCES

AQUAREF AQUAREF [En ligne]. - 2012. - <http://www.aquaref.fr>. - Aucune information concernant l'analyse de cette substance à la date de consultation .

Bertrand-Krajewski J-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne) , 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Bonnet C. Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Chlorobenzene [En ligne] // Toxnet. - 2010. - version 07-09-2010. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~ZGixkd:1>.

ILO Hydrocarbures aromatiques halogénés [En ligne] // ILO - Organisation Mondiale du travail. - 2011. - http://www.ilo.org/safework_bookshelf/french?content&nd=857171274. - SafeWork Bookshelf.

INERIS Chlorobenzène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - 38 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - version n°2 du 3 février 2005. - DRC-01-25590-01DF007.doc.

INERIS Concentrations prévues sans effet dans l'environnement aquatique (PNECaqua), eau douce [En ligne] // INERIS Portail Substances Chimiques. - 2011. - consulté en janvier 2011. - URL à INSERER.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BLe.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarrigue C., RMC L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .

Landis W. G. et Yu M-H Environmental Toxicology - Impacts of chemicals upon Ecological systems [Ouvrage] / éd. Press CRC. - [s.l.] : Lewis Publishers, 1999. - 2d Edition : p. env. 450 pages. - ISBN 1-56670-265-8.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

NIOSH Fiches de données de sécurité [En ligne] // The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / éd. Cards International Program Safety. - 2011. - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfrn/nfrnname.html>.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem Chlorobenzene [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2011. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=49854247&loc=es_rss.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/> .

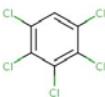
UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - University of Minnesota, 2012. - <http://umbdd.ethz.ch/index.html>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

PENTACHLOROBENZENE

DESCRIPTIF**Synonymes³⁵² :**

- PeCB

Formule semi-développée : C₆HCl₅**N° CAS :** 608-93-5**Formule développée**Familles :
Chlorobenzènes
POP**Propriétés physico-chimiques :****Masse molaire :** 250.34 (NCBI)**Solubilité dans l'eau :** 1.33 mg/l à 25°C (NCBI)**Pression de vapeur :** 0.0065 mm Hg à 25°C (NCBI)**Point éclair :** -**Temps de ½ vie dans le sol :** - -**Temps de ½ vie dans l'eau de surface :** - -**Constante de Henry :** 7.1*10⁻⁴ atm*m³/mol à 20°C (NCBI)**Log Kow :** 5,26 (US-EPA, 1996) 5,18 (NCBI)**Koc :** 17 378 (US-EPA, 1996)**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**

- Le pentachlorobenzène est fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)

Toxicité et écotoxicité :**Eaux de surface intérieures****NQE-MA³⁵³ :** 0,007 µg/L (Dir. 2008/105/CE)**NQE-CMA :** sans objet (Dir. 2008/105/CE)**LQ circ 05/01/09 :** 0,02 µg/l**Note :** NQE / LQ compatibles**PNEC_{eau douce} :** - -**Occurrence du pentachlorobenzène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés³⁵⁴ du secteur 3 est de **0,01 g/j** (11 sites - 37 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le pentachlorobenzène n'est analysé de façon systématique dans aucun des rejets du sous secteur 3. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux de pentachlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, le pentachlorobenzène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité³⁵⁵

Traitement possible par adsorption

³⁵² Liste non exhaustive³⁵³ **NQE-MA** = valeur moyenne annuelle - **NQE-CMA** = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)³⁵⁴ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné³⁵⁵ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes**REGLEMENTATION**

- DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC³⁵⁶ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE³⁵⁷**
 - Le pentachlorobenzène est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - Le pentachlorobenzène fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau" ; il est identifié en tant que "substance dangereuse prioritaire".
- Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001** - Le pentachlorobenzène est proposé pour être intégré à :
 - l'Annexe A de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"³⁵⁸ sans aucune dérogation, ni à la production, ni à l'utilisation³⁵⁹
 - l'Annexe C : "Production non-intentionnelle" ; des mesures doivent être prises pour limiter les émissions non intentionnelles avec pour objectif l'élimination totale de ces substances
- Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 déc 2010)³⁶⁰**
 - Le pentachlorobenzène n'est pas concerné
- Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances³⁶¹.
 - Le pentachlorobenzène n'est pas concerné
- Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Flam. Sol. 1	H228	Solide inflammable, cat.de danger 1
Acute. Tox. 4	H302	danger par ingestion, cat. de danger 4
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger chronique, cat. 1
- Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an³⁶²
- Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation³⁶³**
 - Annexe 1 : le pentachlorobenzène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans le sous secteur 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit la limite de quantification à respecter par les laboratoires : 0,02 µg/l

³⁵⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>³⁵⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>³⁵⁸ <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>³⁵⁹ <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/Reviewedchemicals/tabid/781/Default.aspx>³⁶⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2³⁶¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>³⁶² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II³⁶³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les principaux composés benzéniques comme les chlorobenzènes, l'éthylbenzène, ne semblent pas se dégrader dans l'environnement aquatique en benzène. Cependant, une présence dans certains milieux de benzène résultant de la dégradation d'autres hydrocarbures polycycliques n'est pas à exclure. (INERIS, 2009)

PRODUCTION / UTILISATION**PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT****Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de pentachlorobenzène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0,01 g/j** (11 sites - 37 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance, 0 supérieur au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 1 site (1 mesure - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 1 site (1 mesure - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 1 site (2 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 8 sites (33 mesures - contributeur à **100%** au flux du secteur 3) 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 0 site

Répartition des flux en pentachlorobenzène dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le pentachlorobenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux de pentachlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

Le pentachlorobenzène n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, le pentachlorobenzène ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Le projet AMPERES a montré que le pentachlorobenzène n'était jamais quantifié dans les eaux résiduaires urbaines. (Choubert, et al., 2011)

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que le pentachlorobenzène était retrouvé dans moins de 30% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,001 à 0,1 mg/kg de boues.

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique****Eau & sédiments**

Le dernier rapport du Ministère de l'Environnement sur la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux en France pour la période 2007-2009 signale que la famille des benzènes et dérivés, avec surtout le toluène, est détectée dans les eaux souterraines de 3 bassins à des taux de quantification supérieurs à 1%: Rhin-Meuse (1,3%), Seine-Normandie (2,1%) et Loire-Bretagne (1,1%). Toutefois, Le benzène et ses dérivés sont source de peu de dépassements de normes en métropole, Les 6 points en dépassement constatés dans les eaux superficielles se situent en Rhône Méditerranée et Corse, dont l'un l'est à la fois sur l'hexachlorobenzène et le pentachlorobenzène. (MEDDTL, 2011)

Sols

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du pentachlorobenzène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**07 Déchets des procédés de la chimie organique**

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base

07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques

07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs

07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques

12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)

12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes

12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques

14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC

14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés

14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)

19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation

19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses

19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (AQUAREF, 2011)

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Ne rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever qu'après vérification par des essais qu'aucune perte par adsorption ne peut se produire lors de cette étape

Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire

Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner)

Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement

Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement et tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Prétraitement et transport

Flacons compris entre 1 L et 5 L en verre brun non pelliculés prétraités (calcinés 8 H à 500°C), bouchons à vis avec membrane en aluminium ou en polymères fluorés

Dans tous les cas vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire, les remplir entre 80% et 90% de leur capacité.

Vérifier la valeur du pH et la corriger juste après le prélèvement à une valeur comprise entre 5 et 7,5 si nécessaire.

Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.

Transporter les échantillons à $5 \pm 3^\circ\text{C}$, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.

Extraire dès que possible (de préférence dans les 24 H après le prélèvement).

Prétraitement au laboratoire

Remise à température ambiante en vue de l'analyse

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée en effectuant plusieurs rinçages au solvant préconisé (hexane, par exemple) pour la verrerie jaugée ou à 200°C pendant 12 H pour la verrerie non jaugée (afin d'éviter des valeurs de blancs élevées)

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Stockage et conservation

Les échantillons doivent être extraits dans les 24 H qui suivent le prélèvement

Ne pas placer les échantillons à proximité de solutions de pesticides organochlorés concentrées

Les extraits de solvants séchés, obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés entre $3 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 5 jours

Sensibilité :

NQ/3 atteinte : oui

Chromato. phase gazeuse détecteur à capture d'électrons (GC-ECD) : difficilement atteignable

Chromatographie phase gazeuse couplée spectrométrie de masse (GC-MS) : non atteignable

METHODES DE DOSAGE**NF EN ISO 6468 (1997) – Qualité de l'eau – Dosage de certains insecticides organochlorés, des polychlorobiphényles et des chlorobenzènes. - Méthode par chromatographie en phase gazeuse après extraction liquide/liquide****Domaine d'application :**

La méthode est applicable aux eaux ne contenant pas plus de 0,05 g/L de matières en suspension.

La limite de détection se situe entre 1 et 10 ng/L suivant la complexité de la matrice.

Principe :

Une extraction liquide/liquide est réalisée à l'aide d'un solvant, hexane, heptane ou éther de pétrole. Il est recommandé d'effectuer l'extraction dans le récipient d'échantillonnage, par agitation dudit flacon, ou à l'aide d'un barreau magnétique.

L'extraction étant peu sélective, il peut s'avérer nécessaire, lorsque l'on traite des échantillons chargés, de procéder à une purification destinée à éliminer les substances indésirables co-extraites afin de minimiser les interférences.

Cette purification pourra être effectuée par percolation de l'extrait :

- Sur colonne alumine/nitrate d'argent pour éliminer les composés polaires,
- Sur colonne de gel de silice pour séparer les PCB et les phtalates.

L'extrait purifié est ensuite concentré et analysé par chromatographie en phase gazeuse équipée d'un détecteur à capture d'électrons ECD.

Dans tous les cas, il convient de réaliser un essai à blanc sur de l'eau pure et de déterminer le rendement d'extraction / purification.

LQ usuelles [$\mu\text{g/L}$] : 0,001 à 0,01 (issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : non

Interférences :

L'hexachlorobenzène est en général présent en très faible quantité dans les eaux : une des principales sources d'interférences est la contamination en cours d'extraction. Les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités : il est important d'éviter tout contact de l'échantillon avec des récipients ou des objets en matière plastique.

Il convient également de confirmer la présence d'hexachlorobenzène, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par spectrométrie de masse.

EPA 8121 B (décembre 1996) - Dosage des Hydrocarbures chlorés par chromatographie en phase gazeuse: technique avec colonne capillaire (GC-ECD)

LQ usuelles [$\mu\text{g/L}$] : 0,38 (estimé) (issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : non

EPA METHOD 8270D (1998) : composés organiques semi-volatils par GC/MS**Domaine d'application :**

La méthode EPA 8270 est utilisée pour déterminer une liste de composés organiques semivolatils, dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides, sols, déchets et supports de prélèvement d'air.

Principe :

L'extraction est réalisée au solvant, en général à l'aide de chlorure de méthylène, sur des eaux à pH neutre :

- EPA METHOD 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule,
- EPA METHOD 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu,
- EPA METHOD 3535 : extraction sur phase solide ou SPE,

Elle est généralement suivie d'une purification sur colonne de FLORISIL® (EPA METHOD 3620) ou de gel de silice (EPA METHOD 3630).

Les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire, avec détection SM. L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leur spectre de masse en impact électronique avec celui de composés de référence ; la quantification est réalisée en comparant la réponse du pic de plus grande intensité avec celui d'une solution étalon. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences :

En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Ils peuvent être éliminés par purification par perméation de gel (méthode EPA 3640) ou par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).

MA. 400- Clbz 1.0 (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2009)³⁶⁴

Méthode d'analyse - Détermination des chlorobenzènes: dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse après extraction liquide/liquide (GCMS)

LQ usuelles [µg/L] : 0,004 à 0,49 (issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : non

³⁶⁴ Téléchargeable à <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA400Clbz10.pdf>

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement par boues activées avec aération prolongée** (Choubert, et al., 2011)

Le rendement d'élimination du pentachlorobenzène par les boues activées avec aération prolongée n'est pas calculable.

Traitement par adsorption

REFERENCES

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Pentachlorobenzène [En ligne] // AQUAREF. - 2011. - <http://www.aquaref.fr>.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - <https://projetamperes.cemagref.fr/>. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLe.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

MEDDTL Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux - période 2007-2009 [Rapport] / Service de l'observation et des statistiques ; Commissariat Général au Développement Durable. - [s.l.] : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011. - p. 60 pages. - http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2011/E&D54_p53corrigee_janv2012.pdf. - Etudes & Documents n°54 - octobre 2011.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

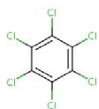
RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

HEXACHLOROENZENE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**³⁶⁵

- Perchlorobenzène	- HCB
- Pentachlorohényl chloride	- Phenyl, perchloride
- Amatin	- Caswell n°477
- Bent-cure	- Bent-No-more
- Granero	- No Bunt
- Hexa CB	- Julin's carbon chloride
- Res-Q	- Co-ophexa
- Smut Go	- Scientox

Formule développée**Familles :**

Hydrocarbure aromatique chloré
Chlorobenzènes
Pesticide Chloré
Fongicide
POPs
PBT

Formule semi-développée : C₆Cl₆**N° CAS : 118-74-1****Propriétés physico-chimiques :**

Masse molaire : 284,81 g/mol (Extoxnet, 2012)	284,78 à 284,80 (INERIS, 2011)
Solubilité dans l'eau : 0,005 mg/l (Extoxnet, 2012)	
	5,815 10 ⁻³ mg/l à 20°C (INERIS, 2011)
	6,2 10 ⁻³ mg/l 25°C (INERIS, 2011)
Pression de vapeur : 1,45 mPa à 20°C (Extoxnet, 2012)	0,001 Pa à 20°C (INERIS, 2011)
	0,002 Pa à 25°C (INERIS, 2011)
Point éclair : -	
Temps de ½ vie dans le sol : entre 2,7 et 22 ans (en anaérobiose et aérobiose) (INERIS, 2011)	
Temps de ½ vie dans l'eau de surface : entre 2,7 et 5,7 ans et jusqu'à >6 ans (INERIS, 2011)	
Constante de Henry : 118 Pa/m ³ /mol (58 - 170) (INERIS, 2011)	
Log Kow : 5,89 (US-EPA, 1996)	3,59 à 6,08 (INERIS, 2011)
Koc : 54 954 - log Koc = 4,74 (US-EPA, 1996)	

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- l'hexachlorobenzène est fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)
- Le mélange avec du diméthylformamide réagit violemment au dessus de 65°C (Leleu, et al., 2004)

Métabolites

Les principaux composés benzéniques comme les chlorobenzènes, l'éthylbenzène, ne semblent pas se dégrader dans l'environnement aquatique en benzène. Cependant, une présence dans certains milieux de benzène résultant de la dégradation d'autres hydrocarbures polycycliques n'est pas à exclure. (INERIS, 2009)

Le pentachlorophénol a été identifié comme métabolite de l'hexachlorobenzène dans les eaux (INERIS, 2011)

Impuretés :

Les principales impuretés de l'hexachlorobenzène commercial sont le pentachlorobenzène (1,8%) et le 1,2,4,5- tétrachlorobenzène (0,2%). (INERIS, 2011)

On peut aussi trouver impuretés à l'état de traces telles que des polychlorodibenzo-para-dioxines et des dibenzofuranes. L'heptachlorodibenzo-para-dioxine et l'octochlorodibenzo-para-dioxine sont prédominantes à des concentrations respectives de 0,35 ppm et 58,3 ppm. (INERIS, 2011)

³⁶⁵ Liste non exhaustive**Toxicité et écotoxicité :****Eaux de surface intérieures****NQE-MA**³⁶⁶ : 0,01 µg/L (Dir. 2008/105/CE)**NQE-CMA**³⁶⁷ : 0,05 µg/L (Dir. 2008/105/CE)**LQ circ 05/01/09** = 0,001 µg/l**Note :** NQE / LQ compatibles**PNEC**_{eau} : 0,013 µg/l (INERIS, 2011)**Occurrence de l'hexachlorobenzène dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés³⁶⁸ du secteur 3 est de **0 g/lj** (28 sites - 152 mesures - 0 flux supérieur au seuil surveillance - 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

L'hexachlorobenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux d'hexachlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

Selon ces données (absence de flux supérieur aux seuils, somme des flux nulle), et compte-tenu de leur manque de représentativité, l'hexachlorobenzène n'est pas une substance d'intérêt pour le secteur 3.

Traitabilité³⁶⁹

Coagulation : le taux d'élimination dans les eaux usées, de l'hexachlorobenzène sous influence de la coagulation est de 59% (BREF Traitement des eaux).

Traitement possible par adsorption.

Traitement biologique

³⁶⁶ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle³⁶⁷ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible³⁶⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné³⁶⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC³⁷⁰ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE³⁷¹**
 - L'hexachlorobenzène est une des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - L'hexachlorobenzène fait partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau" ; il est identifié en tant que "substance dangereuse prioritaire"
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**
 - Annexe A de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"³⁷²
Des dérogations spécifiques sont prévues pour la production.
Des dérogations sont prévues pour l'utilisation de l'hexachlorobenzène en tant que termiticide (y compris dans les charpentes des habitations et dans les souterrains), ainsi que pour le traitement du bois et dans les boîtiers des câbles souterrains.
 - Annexe C : "Production non-intentionnelle" ; des mesures doivent être prises pour limiter les émissions non intentionnelles avec pour objectif l'élimination totale de ces substances
- **Directive 91/414/CEE³⁷³ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009**
 - En décembre 2009, l'hexachlorobenzène ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)³⁷⁴**
 - L'hexachlorobenzène n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Carc. 1B	H350	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Peut provoquer le cancer
STOT RE 1	H372	Toxicité liée à une exposition répétée Risque avéré d'effets graves
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1

³⁷⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

³⁷¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

³⁷² <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

³⁷³ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

³⁷⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an³⁷⁵
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001³⁷⁶**
 - annexe A : obligation de destruction
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation³⁷⁷**
 - Annexe 1 : l'hexachlorobenzène fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :

3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0, 01 µg/l

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

L'hexachlorobenzène est uniquement d'origine anthropique (INERIS, 2011)

L'hexachlorobenzène est produit et rejeté involontairement lors de procédés thermiques faisant intervenir des matières organiques et du chlore, du fait d'une combustion incomplète ou de réactions chimiques. Les catégories suivantes de sources industrielles ont un potentiel relativement élevé de production et de rejet de ces substances dans l'environnement (Décret n° 2004-846 du 13/08/04)³⁷⁸

- ✓ Les incinérateurs de déchets, y compris les co-incinérateurs de déchets municipaux, dangereux ou médicaux, ou de boues d'épuration ;
- ✓ Le brûlage de déchets dangereux dans des fours en ciment ;
- ✓ La production de pâte utilisant le chlore élémentaire, ou des substances chimiques générant du chlore élémentaire, pour le blanchiment ;
- ✓ Les procédés thermiques suivants dans l'industrie métallurgique :
 - Production secondaire de cuivre ;
 - Installations de frittage de l'industrie métallurgique ;
 - Production secondaire d'aluminium ;
 - Production secondaire de zinc.

³⁷⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

³⁷⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

³⁷⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

³⁷⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

L'hexachlorobenzène peut également être produit et rejeté involontairement par les catégories de sources suivantes, notamment (Décret n° 2004-846 du 13/08/04)³⁷⁹ :

- ✓ La combustion à ciel ouvert de déchets, y compris dans les décharges ;
- ✓ Les procédés thermiques de l'industrie métallurgique autres que ceux mentionnés ci-dessus
- ✓ Les sources de combustion résidentielles ;
- ✓ La combustion de combustibles fossiles dans les chaudières de centrale et les chaudières industrielles ;
- ✓ Les installations de brûlage de bois et de combustibles issus de la biomasse ;
- ✓ Les procédés spécifiques de production de substances chimiques entraînant des rejets de polluants organiques persistants produits involontairement, notamment la production de chlorophénols et de chloranile ;
- ✓ Les fours crémateurs ;
- ✓ Les véhicules à moteur, notamment ceux utilisant de l'essence au plomb ;
- ✓ La destruction de carcasses d'animaux ;
- ✓ La teinture des textiles ou du cuir (au chloranile) et la finition (extraction alcaline) ;
- ✓ Les installations de broyage des épaves de véhicules ;
- ✓ Le chauffage lent de câbles en cuivre ;
- ✓ Les raffineries d'huiles usées.

D'autres activités sont susceptibles de rejeter de l'hexachlorobenzène :

- ✓ L'élaboration de produits chlorés (trichloroéthylène, tétrachlorure de carbone, chlorure de vinyle),
- ✓ La production de pesticides : PCNB (pentachloronitrobenzène), Chlorotalonile (tétrachloro-isonaftalonitrile), picloram (acide 4-amono-3,5,6-trichloropicolinique), PCP (pentachlorophénol) uniquement en Europe, DCPA ou Dacthal (diméthyltétrachlorotéréphthalate),
- ✓ La fabrication des pneus, industrie chimique du chlore, de la soude.

Les déchets et rejets issus de ces activités pourront donc être contaminés par de l'hexachlorobenzène.

Le **pentachlorophénol** utilisé industriellement contient en fait de l'ordre de 85 % de PCP, les autres composés étant un grand nombre d'impuretés, principalement du tétrachlorophénol, et parmi d'autres de l'**hexachlorobenzène** (autre substance dangereuse prioritaire de la DCE), des polychlorodibenzo-p-dioxines et des polychlorodibenzofuranes (INERIS, 2005). *L'utilisation de pentachlorophénol - par exemple en tant que pesticide, peut être à l'origine de la présence d'hexachlorobenzène dans les eaux pluviales d'un site.*

³⁷⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2,250.190.28.8.495/4/2,250.190.28.6.11

PRODUCTION / UTILISATION

L'hexachlorobenzène est uniquement d'origine anthropique (INERIS, 2011)

Synthèse / Production

L'hexachlorobenzène est obtenu par chloration du benzène en présence de catalyseur tel que le chlorure ferrique à 150-200°C. Il peut être synthétisé par traitement des isomères de l'hexachlorocyclohexane avec l'acide chlorosulfonique en présence de catalyseurs comme le chlorure ferrique ou l'aluminium (INERIS, 2011).

Utilisation générale

L'hexachlorobenzène entre dans la composition de nombreux produits. Il est employé comme **fongicide** sélectif utilisé pour le traitement des semences (en particulier pour le blé) et **pesticide** et est utilisé dans l'industrie chimique comme **plastifiant**, **précurseur du caoutchouc synthétique**. (INERIS, 2011)

Dès sa mise à disposition sur le marché en 1933, l'hexachlorobenzène a été aussi bien utilisé dans l'industrie que dans l'agriculture. (INERIS, 2011)

Dans l'agriculture, l'hexachlorobenzène a été employé comme **fongicide et pesticide** pour les semences (blé, orge seigle), pour lutter contre la moisissure des champignons. L'Union européenne a interdit, sur son territoire, l'utilisation de l'hexachlorobenzène pour la protection des plantes depuis 1978. (INERIS, 2011)

Attention : l'hexachlorobenzène (ne doit pas être confondu avec l'hexachlorocyclohexane, connu sous le nom de lindane)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique de l'éthylbenzène dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

Utilisation dans les autres secteurs industriels

Industrie de la chimie :

- en synthèse organique, l'hexachlorobenzène est la matière première pour la fabrication du caoutchouc synthétique
- plastifiant du chlorure de polyvinyle (INERIS, 2011)
- agent peptisant dans la synthèse de caoutchouc du type nitroso-styrène (INERIS, 2011)
- en Europe, l'hexachlorobenzène hydrolysé en milieu alcalin a servi d'agent précurseur dans l'obtention du pentachlorophénol (INERIS, 2011)
- dans l'industrie des colorants comme produit intermédiaire (INERIS, 2011)

Autres secteurs majoritaires :

- dans les pays en voie de développement, il est encore utilisé dans les produits agricoles (INERIS, 2011)
- dans l'industrie pyrotechnique pour la fabrication des feux d'artifice (INERIS, 2011)
- pour la fabrication des électrodes en graphite comme agent de contrôle de porosité (INERIS, 2011)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés d'hexachlorobenzène du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0 g/j**, (28 sites - 152 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

Sous-secteur 3.1 : 6 sites (21 mesures) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.2 : 3 sites (18 mesures) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 16 sites (97 mesures) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 1 site (4 mesures) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 2 sites (12 mesures) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**.

Note : l'hexachlorobenzène n'est analysée de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.5. Les données ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme représentatives des flux de chlorobenzène de l'ensemble du secteur 3.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Le projet AMPERES a montré que l'hexachlorobenzène était détecté dans environ 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans l'environnement

L'hexachlorobenzène présent dans l'environnement est d'origine anthropique (INERIS, 2011)

L'hexachlorobenzène est une substance persistante. Sa biodégradation n'est pas un processus dominant, néanmoins, il est partiellement dégradé par des champignons et des bactéries. (INERIS, 2011)

Compartiment atmosphérique

Dans l'environnement, l'hexachlorobenzène se situe en majorité dans le compartiment air, sous forme gazeuse. (INERIS, 2011)

Dans l'air, l'hexachlorobenzène est dégradé par réaction avec les radicaux hydroxyles (OH[•]) ainsi que par photolyse. Avec l'action de la photolyse, la ½ vie de la substance est estimée à 80 jours. (INERIS, 2011)

Les concentrations ubiquitaires dans l'air sont de 39 à 83 pg/m³ (INERIS, 2011)

Eau & sédiments

L'hexachlorobenzène est peu soluble voire insoluble dans l'eau. Sa présence dans les eaux de surface peut être expliquée par effet de dépôt par exemple. (INERIS, 2011)

D'une manière générale, la capacité de mobilisation d'un contaminant organique à partir d'un sédiment est d'autant moins grande que l'hydrophobicité et l'affinité avec la matière organique (K_{oc}) du contaminant sont importantes, que le sédiment possède une teneur en matières organiques élevée et une texture fine, et que le temps de contact particule-molécule augmente. Globalement, les constantes de désorption rapide et lente des HAPs, PCBs et chlorobenzènes sont du même ordre de grandeur (k_{rap}=10⁻¹/h et k_{low}=10⁻³/h). Les composés hydrophobes chlorés, dont les chlorobenzènes, se désorbent très lentement et une large part de ces contaminants peut apparaître réfractaire à la désorption. Ces composés étant faiblement biodégradables, ils peuvent donc persister dans les sédiments, même si les sédiments sont soumis à des processus de remise en suspension/oxydation. La disparition de certains composés du type de l'hexachlorobenzène peut prendre plusieurs années ou dizaine d'années. (Bonnet, 2010)

Le dernier rapport du Ministère de l'Environnement sur la présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux en France pour la période 2007-2009 signale que la famille des benzènes et dérivés, avec surtout le toluène, est détectée dans les eaux souterraines de 3 bassins à des taux de quantification supérieurs à 1%: Rhin-Meuse (1,3%), Seine-Normandie (2,1%) et Loire-Bretagne (1,1%). Toutefois, Le benzène et ses dérivés sont source de peu de dépassements de normes en métropole. Les 6 points en dépassement constatés dans les eaux superficielles se situent en Rhône Méditerranée et Corse, dont l'un l'est à la fois sur l'hexachlorobenzène et le pentachlorobenzène. (MEDDTL, 2011)

Les concentrations ubiquitaires dans l'eau sont de 3 à 12 pg/l (INERIS, 2011)

Sols

L'hexachlorobenzène est très peu soluble, il a une grande affinité avec le sol et la volatilisation est une voie majeure de leur décontamination. (INERIS, 2011)

Les concentrations ubiquitaires dans les sols sont de 1 à 157 ng/kg (INERIS, 2011)

D'une manière générale, il n'y a pas de différence fondamentale entre les mesures effectuées sur les sols agricoles et les valeurs données par les analyses pour les sols non contaminés sauf cas spécifique d'amendement particulier des terres agricoles. Cela est la conséquence d'une utilisation de plus en plus restreinte de l'hexachlorobenzène. **Si les teneurs semblent relativement stables (dans le temps) c'est que l'hexachlorobenzène est une substance persistante.** (INERIS, 2011)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles de l'hexachlorobenzène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****07 Déchets des procédés de la chimie organique**

07 01 Déchets provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation (FFDU) de produits organiques de base

07 01 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 01 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 01 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 01 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques

07 02 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 02 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 02 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 02 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 07 Déchets provenant de la FFDU de produits chimiques issus de la chimie fine et de produits chimiques non spécifiés ailleurs

07 07 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 07 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 07 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

12 Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques

12 01 06* huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (ni émulsions, ni solutions)

12 01 08* émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes

12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses

14 Déchets de solvants organiques, d'agents réfrigérants et propulseurs (sauf chap. 07 et 08)

14 06 Déchets de solvants, d'agents réfrigérants et d'agents propulseurs d'aérosols/de mousses organiques

14 06 01* chlorofluorocarbones, HCFC, HFC

14 06 02* autres solvants et mélanges de solvants halogénés

14 06 04* boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques

16 02 09* transformateurs et accumulateurs contenant des PCB

16 02 10* équipements mis au rebut contenant des PCB ou contaminés par de telles subst. autres que ceux visés à la rubrique 16 02 09

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

17 09 Autres déchets de construction et de démolition

17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)

19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation

19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses

19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX** (AQUAREF, 2011)

Mesure préalable : matières en suspension

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Ne rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever qu'après vérification par des essais qu'aucune perte par adsorption ne peut se produire lors de cette étape

Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire

Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner)

Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement

Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement et tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement

Prétraitement et transport

Flacons compris entre 1 L et 5 L en verre brun non pelliculés prétraités (calcinés 8 H à 500°C), bouchons à vis avec membrane en aluminium ou en polymères fluorés

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire, les remplir entre 80% et 90% de leur capacité.

Vérifier la valeur du pH et la corriger juste après le prélèvement à une valeur comprise entre 5 et 7,5 si nécessaire. Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.

Transporter les échantillons à $5 \pm 3^\circ\text{C}$, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.

Extraire dès que possible (de préférence dans les 24 H après le prélèvement).

Prétraitement au laboratoire

Remise à température ambiante en vue de l'analyse

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse en effectuant plusieurs rinçages au solvant préconisé (hexane, par exemple) pour la verrerie jaugée et calcination à 500°C pendant 12 H pour la verrerie non jaugée (afin d'éviter des valeurs de blancs élevées)

Des blancs de verrerie doivent être réalisés.

Stockage et conservation

Les échantillons doivent être extraits dans les 24 H qui suivent le prélèvement, ils doivent être conservés à $3 \pm 2^\circ\text{C}$.

Ne pas placer les échantillons à proximité de solutions de pesticides organochlorés concentrées

Les extraits de solvants séchés, obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés à $3 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 5 jours

Sensibilité :

- ✓ Chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur à capture d'électrons (GC-ECD): niveau NQ/3 atteignable
- ✓ Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) : niveau NQ/3 non atteignable

EAUX (INERIS, 2011)**Prélèvements et conditionnement**

Collecte d'un échantillon représentatif dans un contenant en verre

Les prélèvements sont réalisés de manière extemporanée ou à l'aide d'un préleveur séquentiel. Ils sont conditionnés dans des flacons en verre ambré dont le bouchon est muni d'un joint en TEFLON®. Ces flacons doivent être nettoyés selon un protocole propre à éliminer toute trace de composés organiques avant de réaliser les prélèvements.

Lorsque la présence de chlore libre est suspectée, il faut procéder à la stabilisation du prélèvement en ajoutant 0,008% de thiosulfate de sodium à chaque flacon. Il est ensuite conservé au froid à $\pm 4^\circ\text{C}$ au maximum.

Les échantillons doivent être engagés en analyse rapidement après le prélèvement.

Extraction / préparation**Par extraction liquide/liquide :**

L'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le dichlorométhane. Ce solvant induit une étape de changement de solvant avant l'analyse.

Une purification peut s'avérer nécessaire : elle est réalisée par percolation sur une colonne remplie d'un support adapté à l'élimination des composés que l'on souhaite retirer :

- sur colonne alumine/nitrate d'argent pour éliminer les composés polaires,
- sur colonne de gel de silice ou par perméation de gel pour séparer les PCB et les phtalates.

Par SPE (Solid Phase Extraction) :

Une aliquote du prélèvement percole au travers d'un support imprégné propre à fixer l'hexachlorobenzène, par exemple de la silice greffée par des groupements octadécyles, puis on procède à son élution à l'aide d'un solvant ou d'un mélange de solvants.

La vérification du rendement de cette opération est impérative.

Dosage

Le dosage de l'extrait purifié est effectué par chromatographie en phase gazeuse. Les détecteurs adaptés sont :

- Le détecteur à capture d'électrons,
- Le détecteur à conductivité électrolytique,
- Le spectromètre de masse.

Dans le cas de l'utilisation d'un détecteur à capture d'électrons ou à conductivité électrolytique, la confirmation de l'identité de l'hexachlorobenzène peut être soumise à l'utilisation d'un système dit « à double colonne », comportant deux colonnes de polarité différente et deux détecteurs identiques bénéficiant d'un système d'injection permettant l'introduction simultanée de l'extrait dans les deux systèmes d'analyse.

METHODES DE DOSAGE**EN ISO 5667- 3 (1991) – Qualité de l'eau : échantillonnage – partie 3 : guide pour la conservation et la manipulation des échantillons - § 3.2.3.2.****Domaine d'application :**

Les directives générales sur les précautions à prendre pour conserver et transporter des échantillons d'eau sont particulièrement applicables lorsque un échantillon, localisé ou composite, ne peut pas être analysé sur le terrain.

Principe

L'utilisation de flacons en verre brun est recommandée. Ceux-ci doivent être préalablement nettoyés à l'aide de détergent, rincés à l'eau déminéralisée, séchés à 105°C, rincés à l'aide du solvant choisi pour l'extraction et séchés à nouveau sous courant d'air ou d'azote purifié. Il est recommandé d'ajouter le solvant d'extraction dans le flacon au moment du prélèvement. Les échantillons sont ensuite conservés à une température comprise entre + 2°C et + 5°C, à l'obscurité, et analysés dans les 24 heures suivant le prélèvement.

Interférences

- ✓ Les phtalates qui pourraient être introduits par l'emploi de flacons en matière plastique sont générateurs d'interférences analytiques.
- ✓ L'utilisation de flacons de réemploi est également une source potentielle de contamination, et cette pratique doit faire l'objet de précautions sévères lors de la décontamination des flacons.

NF EN ISO 6468 (1997) – Qualité de l'eau – Dosage de certains insecticides organochlorés, des polychlorobiphényles et des chlorobenzènes.

Méthode par chromatographie en phase gazeuse après extraction liquide/liquide

Domaine d'application

La méthode est applicable aux eaux ne contenant pas plus de 0,05 g/L de matières en suspension. La limite de détection se situe entre 1 et 10 ng/L suivant la complexité de la matrice.

Principe

Une extraction liquide/liquide est réalisée à l'aide d'un solvant, hexane, heptane ou éther de pétrole. Il est recommandé d'effectuer l'extraction dans le récipient d'échantillonnage, par agitation dudit flacon, ou à l'aide d'un barreau magnétique.

L'extraction étant peu sélective, il peut s'avérer nécessaire, lorsque l'on traite des échantillons chargés, de procéder à une purification destinée à éliminer les substances indésirables co-extraites afin de minimiser les interférences.

Cette purification pourra être effectuée par percolation de l'extrait :

- Sur colonne alumine/nitrate d'argent pour éliminer les composés polaires,
- Sur colonne de gel de silice pour séparer les PCB et les phtalates.

L'extrait purifié est ensuite concentré et analysé par chromatographie en phase gazeuse équipée d'un détecteur à capture d'électrons ECD.

Dans tous les cas, il convient de réaliser un essai à blanc sur de l'eau pure et de déterminer le rendement d'extraction / purification.

Sensibilité

LQ usuelles: 0,001 à 0,01 µg/L selon le chlorobenzène (Limites de détection issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : 0,001 µg/l : oui 0,01 µg/l : non

Interférences

- ✓ L'hexachlorobenzène est en général présent en très faible quantité dans les eaux : une des principales sources d'interférences est la contamination en cours d'extraction. Les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités : il est important d'éviter tout contact de l'échantillon avec des récipients ou des objets en matière plastique.
- ✓ Il convient également de confirmer la présence d'hexachlorobenzène, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par spectrométrie de masse.

EPA METHOD 1625 – Révision B : Composés organiques semi volatils par CG-SM en présence d'isotope (Méthodes pour l'analyse chimique organique des hydrocarbures chlorés des effluents urbains et industriels – partie 136 - annexe A).**Domaine d'application**

La méthode EPA 1625 est utilisée pour analyser une liste de composés organiques semi-volatils, dont l'hexachlorobenzène, dans des échantillons d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles. La limite de détection est de 10 µg/L.

Principe

En présence d'hexachlorobenzène marqué au carbone ¹³C₆, un litre d'eau est extrait par du chlorure de méthylène, à pH neutre puis à pH acide, par extraction en continu. L'extrait est ensuite séché sur du sulfate de sodium anhydre puis concentré. L'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse. L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leurs temps de rétention avec ceux de composés de référence. La quantification est réalisée par extraction d'ions, cette méthode fait intervenir les rapports isotopiques de la réponse du pic correspondant à l'hexachlorobenzène à celle du pic correspondant à son équivalent marqué ¹³C₆.

Interférences

- ✓ Des interférences peuvent être liées aux réactifs, aux solvants ou à la verrerie, occasionnant des artefacts ou un niveau de ligne de base important aboutissant à des erreurs d'interprétation de spectre et d'intégration du signal.
- ✓ On démontrera que la chaîne analytique est exempte de toute pollution par la réalisation d'un essai à blanc et cela à chaque fois que le laboratoire sera amené à changer de lot de réactif et/ou de solvant. La verrerie et tout réactif le supportant seront conditionnés au four à une température supérieure à 400°C.

EPA METHOD 612 : Hydrocarbures chlorés (Méthodes pour l'analyse chimique organique des hydrocarbures chlorés des effluents urbains et industriels – partie 136 - annexe A).**Domaine d'application**

La méthode EPA 612 est utilisée pour déterminer une liste de 9 hydrocarbures chlorés, dont l'hexachlorobenzène, dans des échantillons d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles. La limite de détection est de 50 ng/L.

Principe

Un litre d'eau est extrait en ampoule par du chlorure de méthylène (2 x 60 mL). On remplace ensuite ce solvant par de l'hexane, et l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse sur colonne remplie avec détecteur ECD.

L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leurs temps de rétention avec ceux de composés de référence ; la quantification est réalisée en comparant la réponse du pic correspondant au temps de rétention de l'hexachlorobenzène avec celui d'une solution étalon. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Ils peuvent être éliminés par purification par élution fractionnée sur colonne de FLORISIL[®] : les composés présents dans l'extrait sont fixés sur la colonne, et l'hexachlorobenzène est élué à l'aide d'éther de pétrole.
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence de l'hexachlorobenzène, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par spectrométrie de masse.

EPA METHOD 8081B (2000) : Pesticides organochlorés par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à capture d'électrons.

Domaine d'application

La méthode EPA 8081 est préconisée pour analyser 28 pesticides organochlorés, dont l'hexachlorobenzène, dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides.

Principe

L'extraction est en général réalisée à l'aide d'un solvant, à pH neutre,

Sur les eaux à l'aide de chlorure de méthylène :

- EPA METHOD 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule,
- EPA METHOD 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu,

Elle est généralement suivie d'une purification sur colonne de FLORISIL[®] (EPA METHOD 3620) ou de gel de silice (EPA METHOD 3630).

Après purification, les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire ou macrobore, avec détection ECD et/ou ELCD (détecteur à conductivité électrolytique). La méthode décrit l'option « double-colonne » pour l'identification des composés, dans laquelle deux colonnes de polarité différente sont reliées à un même injecteur.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur les détecteurs cités. Ils peuvent être éliminés par purification par perméation de gel (méthode EPA 3640) ou par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).
- ✓ La présence de composés soufrés dans les échantillons analytiques conduit à une interférence : il convient de les éliminer en utilisant la méthode EPA 3660 (élimination des composés soufrés selon deux techniques : utilisation de cuivre en poudre ou de sulfite de tétrabutylamonium).
- ✓ Il convient donc de confirmer la présence de l'hexachlorobenzène, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par spectrométrie de masse.

EPA METHOD 8270D (1998) : composés organiques semi-volatils par GC/MS

Domaine d'application

La méthode EPA 8270 est utilisée pour déterminer une liste de composés organiques semivolatils, dont l'hexachlorobenzène, dans des échantillons d'eau ou dans des matrices solides, sols, déchets et supports de prélèvement d'air. La limite de quantification de l'hexachlorobenzène seul est de 660 µg/kg (masse sèche) dans les sols et les sédiments, de 10 µg/L dans les eaux de ressources.

Principe

L'extraction est réalisée au solvant, en général à l'aide de chlorure de méthylène,

Sur des eaux à pH neutre :

- EPA METHOD 3510 : extraction liquide/liquide en ampoule,
- EPA METHOD 3520 : extraction liquide/liquide à l'aide d'un système en continu,
- EPA METHOD 3535 : extraction sur phase solide ou SPE,

Elle est généralement suivie d'une purification sur colonne de FLORISIL[®] (EPA METHOD 3620) ou de gel de silice (EPA METHOD 3630). Les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse, colonne capillaire, avec détection SM. L'identification des composés est réalisée sur la base de la comparaison de leur spectre de masse en impact électronique avec celui de composés de référence ; la quantification est réalisée en comparant la réponse du pic de plus grande intensité avec celui d'une solution étalon. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences

- ✓ En plus des interférents classiques, composés de temps de rétention similaire et pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Ils peuvent être éliminés par purification par perméation de gel (méthode EPA 3640) ou par élution fractionnée sur colonne de gel de silice (méthode EPA 3660).

EPA METHOD 505 : pesticides organochlorés et PCB (produits commerciaux) dans l'eau par microextraction et chromatographie en phase gazeuse.

Domaine d'application

La méthode EPA 505 est utilisée pour l'analyse de 18 pesticides organohalogénés, dont l'hexachlorobenzène, et de 7 mélanges de PCB dans des échantillons d'eaux de boissons et d'eaux destinées à la boisson et d'eaux brutes. Cette méthode peut être appliquée aux eaux de surface et de distribution. La limite de détection est de 7 ng/L.

Principe

L'extraction d'une aliquote d'eau est réalisée en flacon par de l'hexane. L'extrait hexane est analysé par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur ECD.

L'identification du composé est réalisée sur la base de la comparaison du temps de rétention avec celui du composé de référence. La quantification est réalisée en comparant la réponse du pic correspondant au temps de rétention de l'hexachlorobenzène avec celui d'une solution étalon.

La présence de l'hexachlorobenzène sera confirmée, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par spectrométrie de masse.

Interférences

- ✓ Des interférents dont le temps de rétention est similaire à celui de l'hexachlorobenzène peuvent fausser les résultats. Ils peuvent provenir de pollution croisée avec d'autres échantillons, de réactifs ou de solvants lors des phases de préparation, de la verrerie utilisée.
- ✓ Il est recommandé de conditionner la verrerie et de purifier l'extrait hexane en fonction de la nature de l'impureté.

EPA METHOD 508.1 : pesticides chlorés, herbicides et pesticides organochlorés dans l'eau par extraction liquide-solide et chromatographie en phase gazeuse avec détection par capture d'électrons.

Domaine d'application

La méthode EPA 508.1 revendique une liste de 29 pesticides chlorés, 3 herbicides et 4 composés organohalogénés dont l'hexachlorobenzène dans des échantillons d'eaux potables, d'eaux destinées à la boisson aux différents stades de son traitement et dans les eaux de nappes phréatiques. La limite de détection est de 1 ng/L.

Un litre d'eau est extrait en phase solide (en présence d'un traceur, le 4,4'-dibromodiphényl), soit sur disque imprégné de silice greffée par des groupements octadécyle soit sur cartouche de silice ou autre support inorganique inerte et greffé par des groupements octadécyle. Les solvants d'élution sont l'acétate d'éthyle et le dichlorométhane, utilisés successivement. L'extrait est ensuite séché sur sulfate de sodium anhydre puis concentré sous flux d'azote, il est repris par de l'acétate d'éthyle. L'extrait est analysé par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur ECD.

L'identification du composé est réalisée sur la base de la comparaison du temps de rétention avec celui du composé de référence. La quantification est réalisée en comparant la réponse du pic correspondant au temps de rétention de l'hexachlorobenzène avec celui d'une solution étalon.

La présence de l'hexachlorobenzène sera confirmée, soit par l'utilisation de colonnes de polarités différentes en détection ECD, soit par une identification par la spectrométrie de masse.

Interférences

Des interférents dont le temps de rétention est similaire à celui de l'hexachlorobenzène peuvent fausser les résultats. Leurs provenances est variée : elle peut être de pollution croisée avec d'autres échantillons, de réactifs ou de solvants lors des phases de préparation, de la verrerie utilisée.

Une mise en garde particulière est faite sur la contamination provenant de l'analyse d'échantillons fortement concentrés. On s'assurera par l'analyse d'un blanc de solvant que l'appareillage analytique ne présente pas de contamination rémanente conduisant à un effet mémoire.

L'hexachlorobenzène est oxydé par le chlore : pour palier à cette dégradation on ajoutera du thiosulfate de sodium au moment du prélèvement et, seulement après cet ajout, on ajustera à un $\text{Ph} \leq 2$ à l'aide d'acide chlorhydrique.

EPA METHOD 525.2 : composés organiques dans l'eau par extraction liquide-solide et chromatographie en phase gazeuse avec détection spectrométrie de masse.

La méthode EPA525.2 est identique à méthode EPA508.1 excepté la détection qui est réalisée par spectrométrie de masse. La limite de quantification dans ce cas est de 130 ng/L.

EPA METHOD 508 : pesticides chlorés dans l'eau par extraction liquide-liquide et chromatographie en phase gazeuse avec détection par capture d'électrons.

Domaine d'application

La méthode EPA 508 est utilisée pour analyser certains pesticides chlorés dont l'hexachlorobenzène, elle s'applique aux eaux de boissons et aux eaux de ressource issues des nappes phréatiques. La limite de détection est de 14 ng/L.

Principe

Le principe d'extraction est comparable à celui de la méthode EPA 608, l'extrait final est repris dans le méthyl tert-butyléther (MTBE).

L'extrait obtenu est analysé par chromatographie gazeuse avec détection par capture d'électrons.

L'identification du composé est réalisée sur la base de la comparaison du temps de rétention avec celui du composé de référence. La quantification est réalisée en comparant la réponse du pic correspondant au temps de rétention de l'hexachlorobenzène avec celui d'une solution étalon.

Le recours à l'analyse de l'extrait sur une colonne de polarité différente ou par détection par spectrométrie de masse peut être nécessaire dans le cas de variation des temps de rétention jugée trop importante par le laboratoire.

L'extrait obtenu peut être également analysé selon les méthodes EPA 608, EPA 505, EPA 508.1 ou EPA 525.2.

Interférences

Des interférents dont le temps de rétention est similaire à celui de l'hexachlorobenzène peuvent fausser les résultats. Ils peuvent provenir de pollution croisée avec d'autres échantillons, de réactifs ou de solvants lors des phases de préparation, de la verrerie utilisée. Une mise en garde particulière est faite sur la contamination provenant de l'analyse d'échantillon fortement concentré. On s'assurera par l'analyse d'un blanc de solvant que l'appareillage analytique ne présente pas de contamination rémanente conduisant à un effet mémoire.

En plus des interférents classiques, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. Leur présence peut être minimisée en proscrivant l'utilisation de matériaux plastiques dans le laboratoire. Par ailleurs, les phtalates peuvent être éliminés par purification.

Le laboratoire est tenu de confirmer la présence d'hexachlorobenzène par l'analyse sur une colonne de polarité différente ou par un détecteur dont le principe physique ou chimique est différent du détecteur à capture d'électrons.

EPA METHOD 625 : composés basiques/neutres et acides (EPA SW-846 révision 3, 1996) : méthodes d'essais pour l'évaluation des rejets condensés – méthodes physicochimiques, chapitre 4 : analyses organiques.

Domaine d'application

La méthode EPA 625 est une méthode très large qui permet l'analyse de 19 pesticides organochlorés, et de 7 mélanges de PCB (composés basiques et neutres) et de 11 phénols et chlorophénols (composés acides) dans des échantillons d'eaux résiduelles urbaines ou industrielles.

Principe

Un litre d'eau est extrait en ampoule par du chlorure de méthylène, de manière séquentielle après différents ajustements de pH. Après concentration, l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse.

L'identification des composés est réalisée sur la base de leurs fragments caractéristiques en impact électronique ; la quantification est réalisée en congénères. Ceci nécessite la réalisation d'une courbe d'étalonnage à cinq points en présence d'un étalon interne.

Interférences

En plus des interférents classiques, pollution croisée avec d'autres échantillons ou des réactifs lors des phases de préparation, les phtalates ont une réponse importante sur le détecteur cité. L'usage de l'ionisation chimique est encouragé en plus de la technique de fractionnement par impact électronique.

EPA 8121 B (décembre 1996)

Hydrocarbures chlorés par chromatographie en phase gazeuse: technique avec colonne capillaire (GC-ECD)

LQ usuelles [µg/L] : 0,056 (Limites de détection issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : non

MA. 400- C1bz 1.0 (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2009)

Téléchargeable à <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA400C1bz10.pdf>

Méthode d'analyse - Détermination des chlorobenzènes : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse après extraction liquide/liquide (GCMS)

LQ usuelles [µg/L] : 0,004 à 0,049 (Limites de quantification issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : non

MA. 403-P. Ocl 4.0 (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2008)

Téléchargeable à <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA403POcl40.pdf008>

Méthode d'analyse - Détermination des pesticides de type organochloré: extraction avec de l'hexane et du dichlorométhane: dosage par chromatographie en phase gazeuse après extraction liquide/liquide (GC-MS)

LQ usuelles [µg/L] : 0,030 (Limites de quantification issues du domaine d'application de la norme)

NQ/3 atteinte : non

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement biologique**

Possible

Coagulation :

Le taux d'élimination dans les eaux usées, de l'hexachlorobenzène sous influence de la coagulation est de 59 % (BREF Traitement des eaux).

Traitement par adsorption.

Possible

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination de l'hexachlorobenzène par les boues activées avec aération prolongée n'est pas calculable.

Les projets AMPERES et ARMISTIQU ont montré que l'hexachlorobenzène était retrouvé dans moins de 30% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,001 à 0,1 mg/kg de boues.

REFERENCES

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Hexachlorobenzène [En ligne] // AQUAREF. - 2011. - <http://www.aquaref.fr>. - Méthodes d'analyses dans les eaux.

Bonnet C. Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : [www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html](http://www.lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html).

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

INERIS Hexachlorobenzène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - 113 pages. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - version n°2 de septembre 2011. - DRC-07-83451-05602B.

INERIS Pentachlorophénol - Données technicoéconomiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/>. - 14 pages.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BL.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

MEDDTL Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux - période 2007-2009 [Rapport] / Service de l'observation et des statistiques ; Commissariat Général au Développement Durable. - [s.l.] : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011. - p. 60 pages. - http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2011/E&D54_p53corrigee_janv2012.pdf. - Etudes & Documents n°54 - octobre 2011.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

US-EPA Soil screening guidance : technical background document [Rapport] = EPA / 540/R95/128 / Office of Solid Waste and Emergency Response ; US-EPA. - 1996. - p. 447 pages. - Document téléchargeable : http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf.

NONYLPHÉNOLS ET NONYLPHENOLS ETHOXYLATES

DESCRIPTIF**Nonylphénols**

Le terme "nonylphénols" (CAS 25154-52-3) recouvre un grand nombre d'isomères différents, qui n'ont pas tous un n° CAS spécifique.

Synonymes : NP

- hydroxy n°253 - prevost sel von-100

Formule semi-développée : C₆H₄ (OH) C₉H₁₉

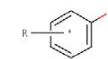
N° CAS : 25154-52-3³⁸⁰

Certains isomères de nonylphénols, ont reçu des numéros CAS spécifiques, comme le 4-nonylphénol ramifié (CAS n°84852-15-3) ou le 4-n-nonylphénol (CAS n°104-40-5).

Note : le CAS n°25154-52-3 décrit un **mélange d'isomères** de position du groupe phénol sur le cycle benzénique, à chaîne nonyl-linéaire ; il **inclut le n-nonyl-4-phénol** (CAS 104-40-5), substance pour laquelle la directive propose une NQE.

Le **2-nonylphénol** (CAS n° 136-83-4) décrit un seul isomère linéaire substitué en position 2. Il s'agit d'une impureté des mélanges commerciaux de nonylphénol.

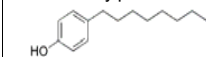
Cette substance ne représente pas les émissions industrielles ou diffuses en nonylphénols.

Formule développée

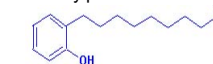
avec R = C₉H₁₉

exemples :

4-n-nonylphénol



2-nonylphénol

**Famille :**

**alkylphénols (AP)
tensioactif non ionique**

Ethoxylate de nonylphénol**Synonymes : NPE**

polyoxyéthylène nonylphényl éther
polyéthylène mono(nonylphényl)éther glycols

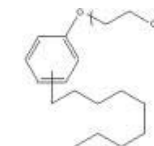
Formule : C₉H₁₉C₆H₄ (OCH₂CH₂) nOH

Les nonylphénols éthoxylés sont chimiquement constitués d'un groupement phénol en liaison avec un groupement alkyl et une chaîne éthoxylée formée de 1 à 100 groupements éthoxyle. Les dérivés industriels sont toutefois composés principalement des NPE avec des chaînes de 8 à 12 éthoxyles. (Belanger, juin 2010)

N° CAS : 9016-45-9 (nonylphényl éther / polyéthylène glycol)

26027-38-3 (nonoxynol)

7311-27-5

Formule développée**Famille :**

**alkylphénols éthoxylés
APE**

³⁸⁰ On notera que le nonylphénol est identifié par le numéro CAS 25154-52-3 dans la DCE 2008/105/CE comme dans les documents d'AQUAREF (AQUAREF, 2010-c), mais qu'il correspond au n°CAS 25154-52-13 dans le document de l'INERIS (INERIS, 2005). Dans le présent document, nous avons retenu la référence de la DCE.

Précisions sur les nonylphénols (Env. Canada, 2001)

Le NP est un produit chimique intermédiaire composé d'un anneau phénolique attaché à un groupe nonyl lipophile linéaire ou, plus couramment, ramifié.

Les NPE font partie d'un groupe plus important de composés connus sous le nom d'APE, et leur formule générale est la suivante : $C_{15}H_{24}O + (CH_2CH_2O)_n$. L'isomère de position prédominant des phénols monoalkylés est le **para**, qui constitue ordinairement $\geq 90\%$

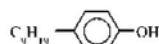
des préparations industrielles, comparativement à $\leq 10\%$ pour l'**ortho**.

Les préparations commerciales de nonylphénol peuvent aussi comprendre de faibles quantités de 2,4-dinonylphénol.

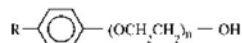
Une préparation industrielle de NPE peut contenir des vingtaines, sinon des centaines d'isomères de ces substances. Chaque NPE est décrit en indiquant la longueur moyenne de sa chaîne de groupes éthoxy, qui peut varier de 1 à 100 pour différentes préparations.

On retiendra que le 4-nonylphénol (mélange de nonylphénols à chaîne ramifiée substitués en position 4 sur le noyau) représente la grande majorité des nonylphénols (80%) dans les mélanges techniques commerciaux. (INERIS, 2005-b)

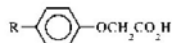
Formules des NPE et produits de dégradation



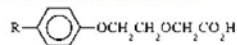
4-nonylphénol (NP)



R=C₁₅H₃₁, dérivés éthoxylés du nonylphénol (NPE)



R=C₁₅H₃₁, acide nonylphénoxyacétique (NP1EC)



R=C₁₅H₃₁, acide nonylphénoxyéthoxyacétique (NP2EC)

d'après (Env. Canada, 2001)

Remarques :

La plus grande partie des nonylphénols synthétisés est utilisée pour produire des éthoxylates de nonylphénols, qui sont ensuite incorporés dans des formulations. (INERIS, 2005)

Les éthoxylates de nonylphénols ne sont pas stables dans l'environnement et sont rapidement dégradés en nonylphénols. Pour cette raison, le bureau européen des substances chimiques a évalué conjointement les risques pour les nonylphénols et les éthoxylates de nonylphénols. (INERIS, 2005)

Pour cette même raison, les deux familles de substances seront traitées conjointement dans ce document.

Propriétés physico-chimiques :

Certaines propriétés physiques et chimiques influant sur la persistance dans l'environnement du NP et des NPE, dont la longueur moyenne de la chaîne est de quatre (le NP4EO) et de neuf (le NP9EO), sont données ci-dessous.

Les propriétés du NP4EO et du NP9EO sont jugées représentatives des NPE et sont présentées parce que l'ensemble de données existantes sur ces deux composés est le plus complet. La densité, la viscosité et la solubilité dans l'eau augmentent proportionnellement à la longueur de la chaîne EO. Les NPE dont la longueur de la chaîne est plus grande que six sont facilement solubles dans l'eau. (Env. Canada, 2001)

	NP	NP4EO	NP9EO
n° CAS	84852-15-3 25154-52-3 dont le 104-40-5	7311-27-5	26027-38-3
Synonymes	4-nonylphénol p-nonylphénol	nonoxynol-4	nonoxynol-9 tergitol NP-9
Formule	C ₁₅ H ₂₄ O	C ₁₅ H ₂₄ O[C ₂ H ₄ O] ₄	C ₁₅ H ₂₄ O[C ₂ H ₄ O] ₉
Masse molaire (g/mole)	220,3 ⁽¹⁾ 220,34 ⁽²⁾⁽⁵⁾	396,2 ⁽¹⁾	617,6 ⁽¹⁾
Solubilité dans l'eau (mg/l)	pratiquement insoluble ⁽²⁾ NP : 6 ⁽²⁾ , 5,4 ⁽¹⁾ NP linéaires : 6 à 25°C ⁽⁴⁾ 4nNP : 7 à 25°C ⁽³⁾	7,65 ⁽¹⁾	"soluble" ⁽¹⁾⁽⁶⁾
Pression de vapeur (Pa)	0,00455 ± 0,0035 ⁽¹⁾ 0,3 ⁽¹⁾ 0,3 à 25°C ⁽²⁾	- -	- -
Point éclair	141°C coup. fermée ⁽⁶⁾ 155°C coup. ouverte ⁽⁶⁾		
Constante de Henry (Pa·m³/mole)	11,02 ⁽¹⁾		0,00024 ⁽¹⁾
Lok Kow	NP linéaires : 4,48 ⁽⁴⁾ 4nNP : 5,71 à 20°C ⁽⁶⁾ 5,76 ⁽³⁾		
Log Koc	4,2 - 4,48 ⁽¹⁾	4,24 ⁽¹⁾	3,59 ⁽¹⁾
½ vie dans l'eau	150 jours (INERIS) ³⁸¹ (pire des cas - estimé)		stable ⁽⁶⁾
½ vie dans les sédiments	28 à 104 jours ⁽⁷⁾		
½ vie dans le sol	300 jours (INERIS) ³⁸¹ (pire des cas - estimé)		

Sources :

- (1) (Env. Canada, 2001) (2) (RMC, 2010) (3) (AQUAREF, 2010-b) (4) (AQUAREF, 2010-c)
(5) (Feigenbrugel, 2005) (6) (TOXNET) (7) (INERIS, 2005-b)

³⁸¹ <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1340>

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

- Fortement adsorbable sur les matrices solides (INERIS, 2006)
- Les alkylphénols sont dégradés par les UV dans l'atmosphère, et produisent du phénol et des crésols (Feigenbrugel, 2005)
- Les nonylphénols se décomposent à la chaleur en produisant des vapeurs de phénol toxiques (TOXNET)

Métabolites connus dans les stations d'épuration

- Substances associées: éthoxylate de nonylphénol (RMC, 2010)

Toxicité et écotoxicité

pour le 4-nonylphénol - CAS n°104-40-5 et le nonylphénol linéaire CAS n°25154-52-3

NQE-MA³⁸² : 0,3 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

NQE-CMA : 2,0 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

PNEC_{eau douce} : 0,00033 mg/l³⁸³ (soit 0,33 µg/l)

LQ circ 05/01/09 = 0,1 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles pour le 4-NP

LQ pas possible à atteindre pour le NP linéaire (AQUAREF, 2010-c)

Occurrence des nonylphénols dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu :

- Pour le nonylphénol mono-éthoxylate (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3), la somme des flux moyens formatés³⁸⁴ du secteur 3 est de **4,8 g/j** (158 sites - 823 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance (sous-secteur 3.2), 0 flux supérieur au seuil réduction).
- Pour le nonylphénol di-éthoxylate (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3), la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **2,66 g/j** (157 sites - 826 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).
- Pour les nonylphénols linéaires (analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3), la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **429,7 g/j** (164 sites - 837 mesures - 10 flux supérieurs au seuil surveillance (sous-secteur 3.1, 3.2 et 3.5), 6 flux supérieurs au seuil réduction (sous-sect. 3.1, 3.2 et 3.5)).
- Pour les nonylphénols ramifiés (analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3), la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **94,7 g/j** (41 sites - 199 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance (sous-secteur 3.5), 1 flux supérieur au seuil réduction (sous-secteur 3.5)).
- Pour les nonylphénols totaux (analysés systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.4), la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **8,5 g/j** (66 sites - 278 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance (sous-secteur 3.3), 0 flux supérieur au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Les nonylphénols, en général, ne sont pas analysés systématiquement dans les rejets du secteur des industries du déchet. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénols de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Selon ces données, et malgré le manque de représentativité des données, le paramètre nonylphénols linéaires pourrait être retenu comme substance d'intérêt pour les industries des sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.5.

³⁸² NQE-MA : valeur moyenne annuelle - NQE-CMA : concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)

³⁸³ <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1340>

³⁸⁴ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

Traitabilité³⁸⁵

Adsorption : Des rendements supérieurs à 90% peuvent être atteints pour traitement des eaux usées domestiques par des techniques couteuses comme la filtration sur charbon actifs en poudres, membranes, etc. (Danish EPA, 2002)

Déshuilage/dégraissage + coagulation flottation (ennoblissement textile) : Une étude revendique des taux d'élimination de 95% d'effluent de lavage de laine, par un traitement physico-chimique avec un floculant spécialisé.

Traitement complémentaire : Filtre à sable continu : Les filtres à sable à lavage en continu donnent l'avantage du fonctionnement en continu mais avec une moindre efficacité. Fréquemment utilisé comme étape de séparation finale après les procédés de décantation ou de flottation.

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Technique membranaire : Cette technique est coûteuse et nécessite de fortes compétences en exploitation. On peut raisonnablement atteindre des rendements supérieurs à 90%. (RMC, 2010). Traitement sur effluent prétraité ou traitement de finition

Traitement biologique : L'élimination des nonylphénols des eaux usées se traduit vraisemblablement par son transfert dans les boues (confirmé par Environnement Canada, 2001), pour lesquelles on dispose de peu d'informations : une étude (citée par Danish EPA, 2002) indique la digestion aérobie des boues comme un moyen d'abattre leur teneur en nonylphénols.

Traitement à l'ozone (RMC, 2010) : Il peut s'employer seul ou combiné avec le traitement par charbon actif.

Oxydation thermique – incinération : Traitement d'épuration secondaire

REGLEMENTATION

- Substance dangereuse prioritaire de l'Annexe X de la DCE modifiée (annexe II de la Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE³⁸⁶) : les nonylphénols sont identifiés en tant que substances dangereuses prioritaires (et en particulier le 4-nonylphénol - n°CAS : 104-40-5)

Interdit dans :

- nettoyage industriel et institutionnel (sauf si recyclés ou incinérés)
 - produits de nettoyage domestique
 - traitement des textiles et cuirs (sauf si traitement en place)
 - produits de traitement des trayons (vétérinaire)
 - usinage des métaux (sauf si recyclage ou incinération)
 - fabrication de papier et pâte à papier
 - produits cosmétiques et d'hygiène corporelle (sauf spermicides)
 - co-formulation dans les pesticides et biocides (jusqu'à expiration de l'autorisation pour les pesticides)
- Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)³⁸⁷
 - Les nonylphénols ne sont pas concernés

³⁸⁵ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

³⁸⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ.L:2008:348:0084:0097:FR.PDF>

³⁸⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances³⁸⁸:
 - Substance soumise à restriction (annexe XVII) : le nonylphénol (C₉H₄(OH) C₉H₁₉), l'éthoxylate de nonylphénol (C₂H₄O) nC₁₅H₂₄O : Ne peuvent être mis sur le marché ni employé en tant que substance ou constituant de préparations à des concentrations égales ou supérieures à 0,1% en masse dans les cas suivants:
 - 1) nettoyage industriel et institutionnel, sauf :
 - les systèmes fermés et contrôlés de nettoyage à sec dans lesquels le liquide de nettoyage est recyclé ou incinéré ;
 - les systèmes de nettoyage avec traitement spécial dans lesquels le liquide de nettoyage est recyclé ou incinéré ;
 - 2) nettoyage domestique ;
 - 3) traitement des textiles et du cuir, sauf :
 - traitement sans rejet dans les eaux usées,
 - systèmes comportant un traitement spécial dans lequel l'eau utilisée est prétraitée afin de supprimer totalement la fraction organique avant le traitement biologique des eaux usées (dégraissage de peaux de mouton) ;
 - 4) émulsifiant dans les produits agricoles de traitement par immersion des trayons
 - 5) usinage des métaux, sauf : utilisation dans le cadre de systèmes fermés et contrôlés dans lesquels le liquide de nettoyage est recyclé ou incinéré ;
 - 6) fabrication de pâte à papier et de papier ;
 - 7) produits cosmétiques ;
 - 8) autres produits d'hygiène corporelle, sauf : spermicides ;
 - 9) co-formulants dans les pesticides et biocides.
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE pour le nonylphénol et le 4-nonylphénol ramifié (ECHA, 2011)**

Catégories de danger :	Codes de danger :	
Repr. 2	H361 fd	Toxicité pour la reproduction, cat. de danger 2 ³⁸⁹ Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus
Acute Tox. 4	H302	Nocif par ingestion, cat. de danger 4
Skin Corr. 1B	H314	Corrosif/irritant pour la peau, cat. de danger 1B Graves brûlures de la peau et lésions oculaires
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**³⁹⁰
 - annexe A : les nonylphénols ne sont pas concernés
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an³⁹¹ pour les nonylphénols et les éthoxylates de nonylphénol

³⁸⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

³⁸⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.1.1
Pour information : le nonylphénol éthoxylate possède le plus grand potentiel oestrogénique, mais la différence avec NP1EO et NP2EO ne serait que légère (Environnement Canada, 2001).

³⁹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.1.1

³⁹¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**³⁹²
 - **Les nonylphénols** font partie de la liste de substances dangereuses à rechercher dans les effluents industriels
 - Annexe 1 : **les nonylphénols** font partie des substances à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,1 µg/l

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Néoformation

Les **nonylphénols** sont des produits de dégradation de détergents ou de matières plastiques, et en particulier des polystyrènes (TOXNET). Ils se forment lors de la dégradation des tensioactifs à base d'alkylphénols éthoxylés dans les stations d'épuration. (Ying, 2006)

Des nonylphénols ont été retrouvés en sortie d'installation de traitement d'eau par osmose inverse, suite au relargage par les résines.

Les éthoxylates de nonylphénols ne sont pas stables dans l'environnement et sont rapidement dégradés en nonylphénols. Pour cette raison, le bureau européen des substances chimiques a évalué conjointement les risques pour les nonylphénols et les éthoxylates de nonylphénols. (INERIS, 2005).

Par rapport à leurs composés parents éthoxylés, les alkylphénols (produits de dégradation) sont plus persistants, plus toxiques, plus lipophiles et moins hydrosolubles. (INERIS, 2005-b)

PRODUCTION / UTILISATION

Production

L'Angleterre a été la première à utiliser les alkylphénols dans l'industrie textile, dans les années 1940. (Greenpeace, 2011)

La production mondiale d'alkylphénols éthoxylates en 1997 était de 500 000 tonnes, dont 80% de nonylphénols pour 20% d'octylphénols. La multiplicité des utilisations s'est cependant réduite car il a été montré que les sous produits de dégradation (AP et OP) sont persistants, bioaccumulables et ont des effets oestrogéniques certains pour la faune aquatique à des concentrations très faibles. (Ying, 2006)

³⁹² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Les préparations commerciales de nonylphénols sont réalisées à l'aide d'une réaction d'alkylation de Friedel-Craft du phénol avec un nonène technique. Un mélange complexe composé de 90-93% de nonylphénol para-substitué (comportant à la fois des isomères linéaires et ramifiés) et des quantités mineures d'isomères ortho-substitués résultent de la réaction d'alkylation de Friedel-Craft. La composition du p-nonylphénol commercial est la suivante : 3-6% de o-nonylphénol, 90-93% de p-nonylphénol et 2-5% de décylphénol. 22 para-isomères du nonylphénol ont pu être séparés. Le nonylphénol n'est donc en fait qu'un nom générique pour un mélange complexe d'isomères. (Feigenbrugel, 2005)

Les nonylphénols se présentent sous la forme d'un liquide visqueux jaune pâle avec une légère odeur phénolique. Ils sont généralement disponibles en solution avec des impuretés (dont le di-nonylphénol). Il existe aussi des formulations commerciales de mélange "nonylphénol/di-nonylphénol". Les nonylphénols sont également présents sous forme d'impuretés dans les solutions de di-nonylphénols. (INERIS, 2005)

Selon l'INERIS, les nonylphénols utilisés en France sont totalement importés, et certains producteurs étrangers ont, en France, deux ou trois sites industriels significativement impliqués dans l'éthoxylation. Toujours d'après les enquêtes menées par l'INERIS, il semblerait que le marché des nonylphénols soit en régression. (INERIS, 2005)

La simple consultation d'un site d'industrie chimique spécialisée permet de constater que des gammes de produits à base de nonylphénol sont présentées pour de multiples applications : c'est le cas de la gamme Tergitol™ de Dow³⁹³.

Propriétés

Les **éthoxylates de nonylphénols** sont des produits aux propriétés dispersantes, émulsifiantes et des agents mouillants. Ils sont utilisés en combinaison avec d'autres produits actifs dans des formulations commerciales, dans une très vaste gamme d'applications concernant différents secteurs industriels.

Utilisation

Les principales utilisations des **nonylphénols** sont les suivantes :

- Production des éthoxylates de nonylphénols : produits aux propriétés dispersantes, émulsifiantes, mouillantes (RMC, 2010) qui sont ensuite incorporés dans des formulations
- Fabrication d'oxiomes phénoliques en UE, mais vraisemblablement hors de France, destinés à la purification du cuivre hors UE. (INERIS, 2005)
- Fabrication de matières plastiques spécifiques : (INERIS, 2005)
 - En tant que monomères dans la fabrication de résines formo-phénoliques qui peuvent être ensuite éthoxylées et, par exemple, utilisées dans des produits utilisés dans l'industrie de l'extraction du pétrole.
 - Le tri-nonyl-phénol phosphite (TNPP) est un additif qui colore et améliore les performances de certains plastiques courants, comme par exemple le PVC ; il semble que le TNPP ne soit pas produit mais transformé en France.
 - En tant que catalyseur dans la fabrication des résines époxy, le nonylphénol est également utilisé comme durcisseur dans des résines distribuées en France (pour peintures et vernis destinés au revêtement d'autres matières plastiques). Il semble que l'emploi des nonylphénols en France concerne les résines liquides (peintures, vernis, encres, adhésifs) destinées à servir de liants dans les peintures à l'eau et non pas les résines époxy solides. Globalement, l'organisation professionnelle du secteur estimait (INERIS, 2005) que 20 à 30 % de la profession continuait d'utiliser les nonylphénols ; des contacts avec quelques entreprises du secteur permettent de penser que ce sont plutôt les PME qui continuent à utiliser des nonylphénols, les grandes entreprises ne les utilisant plus ou ayant programmé leur substitution dans un avenir proche.

³⁹³ <http://www.dow.com/surfactants/products/nonylph.htm>

Les **nonylphénols éthoxylates** correspondent à une famille de composés chimiques largement utilisés comme agents co-formulants par

- l'industrie du textile (un des agents surfactants les plus couramment utilisés),
- les industries papetières,
- les aciéries,
- l'industrie pétrochimique
- l'industrie des résines plastiques.

Leur présence est importante dans une variété de détergents, dégraissants et autres produits destinés au nettoyage commercial, industriel ou domestique telles que l'élimination des dépôts sur la machinerie, le matériel de nettoyage et les fibres à recurer, ainsi que leur utilisation comme agents de mouillage et de démouillage, dans la teinture, pour le nettoyage et le conditionnement des feutres des machines, et pour la finition des produits. (Env. Canada, 2001)

Les nonylphénols polyéthoxylates sont utilisés comme agents tensioactifs dans les produits de nettoyage, dans les cosmétiques et produits d'hygiène. En tant qu'agents émulsifiants, ils entrent aussi dans la composition de peintures et de pesticides. Leur toxicité conduit à les retirer progressivement du marché. (Langenkamp, et al., 2001)

L'INERIS (2005) signale que d'après les enquêtes menées en France, et suite à des réglementations contraignantes dans les pays du nord, l'utilisation des alkylphénols en France était en voie de régression. Suite à une campagne de mesures récentes, Greenpeace signale toutefois que la fabrication et l'utilisation de ces produits est en pleine croissance en Chine, en particulier dans les activités du textile (dont les apprêts et impressions). (Greenpeace, 2011). Il est donc probable que les textiles et autres produits importés seront contaminés et susceptibles de relarguer ces substances lors de leur utilisation (lavage) ainsi qu'une fois arrivés au stade déchets.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Les éthoxylates de nonylphénol sont présents dans des **floculants pour le traitement des eaux usées** (INERIS, 2005). On pourra donc les retrouver (ou leurs produits de dégradation : les nonylphénols) dans les boues et les effluents des installations de traitement des eaux.

Utilisation dans les autres procédés industriels

Fonderie de métaux non ferreux

- Le NP est principalement utilisé pour la fabrication d'oximes phénoliques, réactif pour la purification du minerai de cuivre (RMC, 2010)
- Utilisation de l'éthoxylate de nonylphénol dans la formulation de produits pour le traitement des métaux (RMC, 2010)

Production et/ou transformation des métaux non ferreux

- Le NP est principalement utilisé pour la fabrication d'oximes phénolique, réactif pour la purification du minerai de cuivre. (RMC, 2010)

Industrie électrique et électronique (INERIS, 2005)

- Les éthoxylates de nonylphénols peuvent être employés dans des solutions de nettoyage de composants électroniques. Il est vraisemblable que ces substances soient progressivement bannies de ce secteur d'activité avant 2015

Industrie du textile

- L'enquête récente (2010-2011) de Greenpeace identifie les fabricants de vêtements de sports comme utilisateurs affichés de molécules telles que les alkylphénols. Les données issues des cahiers de charges de différentes marques montrent que les niveaux d'alkylphénols (somme des NP, NPE, APE, OP) tolérés dans les produits finis sont de 1000 ppm (Greenpeace, 2011)

Industrie de l'imprimerie

- Le NP intervient comme catalyseur dans la fabrication de résines époxy utilisées dans la fabrication de l'encre en imprimerie. (RMC, 2010)

Dépôts et terminaux pétroliers

- Le NP entre dans la fabrication de résines formo-phénoliques qui peuvent être éthoxylées. Ces résines éthoxylées sont incorporées à des produits **utilisés à l'étranger** dans l'industrie de l'extraction du pétrole. Il semble, sur la base des informations fournies par un industriel utilisateur de ces résines, que cette activité ne concerne que quelques centaines de tonnes de résines par an. (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

- Le NP intervient dans la fabrication de résines époxy utilisées dans l'industrie du caoutchouc (RMC, 2010)

Ennoblement textile

- Des produits contenant des nonylphénols sont susceptibles d'être utilisés aux différents stades de l'élaboration d'un textile (décapage, teinture, finition). A compter de janvier 2005, le secteur textile est visé par l'interdiction de la directive 2003/53/CE du 18 juin 2003. Il semble que les grands groupes chimiques possédant une offre de produits pour l'industrie textile proposent des produits sans nonylphénols. En revanche l'organisation représentant les entreprises textiles déclare très mal connaître la composition des produits chimiques qu'elles utilisent et ne pas avoir encore de vision sur leur situation par rapport aux nonylphénols. (INERIS, 2005)

Blanchisserie

- Utilisation de l'éthoxylate de nonylphénol dans la formulation de produits pour le traitement des textiles (RMC, 2010)
- Des produits contenant des nonylphénols sont susceptibles d'être utilisés aux différents stades de l'élaboration et du traitement des textiles (rejets importants) (RMC, 2010)

Nettoyage industriel (INERIS, 2005)

- L'utilisation des éthoxylates de nonylphénols dans le nettoyage industriel est visée par la directive 2003/53/CE du 18 juin 2003. Plusieurs éléments laissent néanmoins penser que ces substances sont encore couramment utilisées dans ce contexte : les renseignements recueillis auprès de certains formulateurs de produits de nettoyage, leur présence généralisée dans les ressources en eau d'après les agences de l'eau (et les mesures de distributeurs d'eau sur les eaux de surface en région parisienne), ainsi que leur présence importante dans les rejets des industries agroalimentaires en Champagne-Ardenne.
- Les éthoxylates de nonylphénols ont été mis en évidence dans des produits de déverglaçage pour avions aux États-Unis. Ils pourraient également être présents en Europe et il n'est pas clair si la directive 2003/53/CE vise ou non cet emploi.

Fabrication de papier carton

- Production de pâte à papier : les éthoxylates de nonylphénols entrent dans la composition de produits utilisés pour le désencrage des papiers à recycler, des produits anti-mousse et des dispersants. A compter de janvier 2005, ce secteur est visé par l'interdiction de la directive 2003/53/CE du 18 juin 2003. D'après l'organisation professionnelle du secteur, l'utilisation de produits contenant des éthoxylates de nonylphénols est en déclin. (INERIS, 2005)

Sidérurgie et Industrie du travail mécanique des métaux

- Utilisation de l'éthoxylate de nonylphénol dans la formulation de produits pour le traitement des métaux (RMC, 2010)
- Additif pour les lubrifiants (RMC, 2010)
- Utilisation de l'éthoxylate de nonylphénol dans la formulation de produits pour le traitement des métaux (RMC, 2010)
- Les éthoxylates de nonylphénols sont utilisés dans des fluides pour le travail des métaux. (INERIS, 2005)

Fonderie de métaux ferreux

- Utilisation de l'éthoxylate de nonylphénol dans la formulation de produits pour le traitement des métaux (RMC, 2010)

Industrie du traitement, revêtement de surface

- Le NP intervient dans la fabrication de résines époxy, utilisées dans l'industrie des revêtements de surfaces (RMC, 2010)

Formulation galénique de produits pharmaceutiques et cosmétiques

- Utilisation des éthoxylates de nonylphénols dans la formulation de produits cosmétiques (RMC, 2010)

Produits phytosanitaires (INERIS, 2005)

Les surfactants jouent un rôle considérable dans la formulation du pesticide, parfois plus important que la substance active elle-même. On trouve par exemple du 4-nonylphénol, un surfactant, présent à plus de 50% dans le Matacil, un pesticide pulvérisé sur les forêts canadiennes. (Feigenbrugel, 2005)

- Les éthoxylates de nonylphénols sont impliqués dans la production de produits phytosanitaires, dans lesquels ils sont utilisés en tant qu'agents mouillants, dispersants et comme émulsifiants.
- La directive 2003/53/CE du 18 juin 2003 interdit les nonylphénols dans les pesticides à compter de début 2005. En France, les autorisations des pesticides sont valables dix ans, donc **en 2015** (horizon de la directive-cadre pour la suppression des rejets), **les pesticides autorisés ne contiendront théoriquement plus de nonylphénols**.
- En 2005, l'index phytosanitaire ACTA (ACTA, 2004) et la base e-phy³⁹⁴ du ministère chargé de l'agriculture recensent plusieurs substances actives contenant des produits à base de nonylphénols, autorisées en France
- Il subsiste un faible nombre de produits, soit additifs pour bouillies, soit traitements bactéricides, qui comprennent des composés du nonylphénols, qui ne sont pas visés par la directive 2003/53/CE (même s'il existe une ambiguïté) et qui pourraient être une source indirecte de nonylphénols dans l'environnement à l'avenir. Il est cependant probable que l'évolution générale à la baisse de l'emploi des autres composés à base de nonylphénols entraîne la substitution de ces produits également à l'horizon 2015. Il s'agit des produits suivants :
 - les nonylphénols polyéthoxylés qui sont utilisés comme agents mouillants** et vendus commercialement comme **additifs prêts à l'emploi pour bouillies herbicides, fongicides et insecticides**, sous la marque "Agral 90" par Syngenta Agro. Ils sont également utilisés comme **composants de produits bactéricides**, par exemple dans le produit Mikroquat de la société Henkel.
 - Le nonylphénol décaéthylène glycol** est commercialisé sous le nom "mouillant GT" de la société Truffaut, additif pour bouillies.
 - Le nonylphénol oxyéthyle**, également non visé par la directive 2003/53/CE, est présent dans un produit de traitement bactéricide, le "comoseptyl maître glacier nouveau" de Johnson Diversey.
 - Le nonylphénol poly(éthylèneoxy)éthanol iode**, également non visé par la directive 2003/53/CE, est présent dans un produit de traitement bactéricide, le "TH Iode" de Sogeval.

³⁹⁴ <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/wiphy>

Activité vinicole

- Utilisation de l'éthoxylate de nonylphénol comme engrais. Ils ne sont pas fréquemment utilisés, mais peuvent l'être comme anti-mottant, anti-collants pour la préparation de l'acide phosphorique. Le BREF de la chimie inorganique et les engrais ne fournit pas plus d'information à ce sujet (BREF de la chimie inorganique et des engrais). (RMC, 2010)

Industrie du traitement des cuirs et peaux

- Les éthoxylates de nonylphénols** sont potentiellement employés en tanneries dans des produits variés assurant diverses fonctions : des fongicides, des produits utilisés pour le dégraissage, des produits pour la teinture. (INERIS, 2005)
- La directive 2003/53/CE du 18 juin 2003 interdit les éthoxylates de nonylphénols pour le tannage à compter de début 2005, sauf si les effluents sont traités pour les en éliminer. En raison de l'existence de cette réglementation, on peut donc supposer qu'en 2015, les rejets d'éthoxylates de nonylphénols par les tanneries seront maîtrisés (soit par substitution, soit par traitement des effluents). (INERIS, 2005)
- Le nonylphénol intervient dans la fabrication de résines époxy, utilisées comme agent tannant pour le cuir (RMC, 2010)
- Les éthoxylates de nonylphénols sont potentiellement employés en tannerie dans des produits variés assurant diverses fonctions: des fongicides, des produits utilisés lors du dégraissage, les produits pour la teinture. (RMC, 2010)

Industrie des polymères / polymères en émulsion / peintures

- Le **nonylphénol** intervient dans la **fabrication des matières plastiques spécifiques** suivantes: résines époxy (câbles, isolants, etc.), TNPP (additif qui colore et améliore les performances de certains plastiques courants comme le PVC). (RMC, 2010)
- Le TNPP ne serait pas produit en France.** Il peut donner lieu à des émissions de nonylphénol lorsqu'il est produit, mais aussi lors de la fin de vie des plastiques. (RMC, 2010)
- Les éthoxylates de nonylphénols interviennent dans la fabrication de nombreuses matières plastiques**, lorsque celles-ci sont produites par un **procédé en émulsion par polymérisation en phase aqueuse**. Dans ce cas, les éthoxylates de nonylphénols peuvent être présents dans des additifs dispersants, dont le but est de maintenir le polymère en émulsion dans la solution aqueuse. Les polymères pouvant être produits en émulsion sont les suivants : ABS, ESBR (caoutchouc styrène-butadiène), ENBR, PVC, PTFE, PVA (polyvinyle acétate), PMMA, polyacrylates pour peintures. Les plus concernés par l'emploi d'éthoxylates de nonylphénols seraient l'acétate de polyvinyle et les acides acryliques (ECB, 2002). L'emploi des éthoxylates d'alkylphénols pour la fabrication de PVC en émulsion est également rapporté. (INERIS, 2005)
- Les NPE, sous la forme de polymères en émulsion, ont de nombreuses applications, parmi lesquelles on peut citer leur incorporation à des peintures à l'eau. Les rejets d'éthoxylates de nonylphénols se situent plus au niveau de l'utilisation de ces polymères que lors de leur production, sauf dans certains cas où l'émulsion est cassée par une technique qui transfère les émulsifiants dans la phase aqueuse (exemple de la centrifugation). (INERIS, 2005)
- Pour les substituts possibles aux nonylphénols et l'état de leur adoption dans les latex servant de base aux peintures à l'eau, peu d'informations précises sont disponibles. La fédération des industries des peintures estime que les éthoxylates de nonylphénols sont encore utilisés par 20 à 30% de la profession mais les produits de remplacement ne sont pas identifiés. Les substituts possibles sont les **éthoxylates d'octylphénols**, qui sont également une substance prioritaire de la DCE. (INERIS, 2005)

Fabrication industrielle de détergents et de savons

- Utilisation des éthoxylates des nonylphénols dans la formulation de détergents industriels, détergents domestiques, ou bien dans les produits cosmétiques (RMC, 2010)
- Peut être employé dans les solutions de nettoyage de composants électroniques (RMC, 2010)

Installation de mise en œuvre de produits de traitement du bois

- Utilisation de l'éthoxylate de nonylphénol dans la formulation de produits pour le traitement du bois (RMC, 2010)

Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires

- Utilisation d'éthoxylates de nonylphénols dans la production de produits phytosanitaires, dans lesquels ils sont utilisés en tant qu'agents mouillants, dispersants et comme émulsifiants. (RMC, 2010)
- L'Index phytosanitaire de 2003 précise que les alkylphénols sont employés en tant qu'émulsifiant dans certaines formulations de pesticides. Les nonylphénol éthoxylés en association au Fomesafen® est utilisé en tant qu'herbicide sur les cultures de soja et de haricots. Le nonylphénol polyéthoxylé est utilisé comme adjuvant mouillant pour les bouillies fongicides (0,05 l/hl), pour les bouillies herbicides (0,1 l/hl) et pour les bouillies insecticides (0,05 l/hl). (Feigenbrugel, 2005)

Industrie des engrais (INERIS, 2005)

- L'utilisation des éthoxylates de nonylphénols dans l'industrie des engrais n'est pas fréquemment documentée mais un fabricant français a indiqué leur utilisation comme antimottants, anticollants pour la préparation de l'acide phosphorique.

Autres secteurs majoritaires

- Matériaux de Génie civil** : Les éthoxylates de nonylphénols seraient utilisés dans certains additifs pour le béton, le ciment, le nettoyage des sables et les émulsions de bitumes. (INERIS, 2005)
- Colles et adhésifs** : le nonylphénol entre dans la fabrication de résines époxy comme catalyseur (les rejets occasionnés seraient très faibles), utilisées dans l'industrie des colles et adhésifs (RMC, 2010)
- Utilisation par les particuliers** (INERIS, 2005) : Les éthoxylates de nonylphénols sont en théorie présents dans les produits de nettoyage domestique, de véhicules et des produits cosmétiques. Cet usage devait être en voie d'abandon depuis 1995 dans les pays signataires de la Convention OSPAR (dont la France), en vertu de la Recommandation PARCOM 92/8. Un rapport sur la mise en œuvre de cette mesure montre que la présence des nonylphénols a fortement chuté, mais qu'une présence marginale est encore probable. Cet usage est également plus récemment interdit par la directive 2003/53/CE du 18 juin 2003. Il apparaît donc que, normalement, les produits pour particuliers fabriqués dans l'Union européenne ne devraient plus contenir de nonylphénols à l'horizon 2015. **Cependant, des produits fabriqués hors de l'Union européenne continueront d'être importés et pourront contenir des nonylphénols.**

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Remarque générale : toutes les conclusions portant sur l'intérêt des nonylphénols pourront éventuellement être modifiées par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

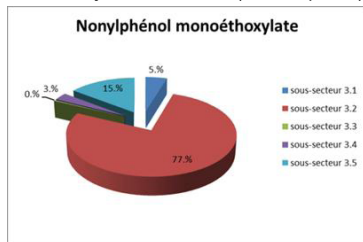
Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu :

- **Pour le nonylphénol mono-éthoxylate (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés du sect. 3 est de **4,8 g/j** (158 sites - 823 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance (sous-sect. 3.2), 0 flux supérieur au seuil réduction).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 32 sites (153 mesures - contributeur à **4,7%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,22 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 80 sites (446 mesures - contributeur à **77,3%** au flux du sect. 3) 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **3,68 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 20 sites (113 mesures - contributeur à **0,3%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,02 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (36 mesures - contributeur à **3%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,14 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 15 sites (75 mesures - contributeur à **14,6%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,70 g/j**

Répartition des flux en nonylphénol mono-éthoxylate dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le nonylphénol monoéthoxylate n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation³⁹⁵ n'identifie pas ce composé individuellement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénol monoéthoxylate de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

La présence d'un flux supérieur au seuil de surveillance (sous-secteur 3.2) pourrait cependant être prise en compte dans l'identification de substances d'intérêt.

Le nonylphénol mono-éthoxylate n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

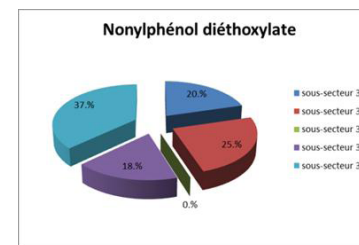
D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, de l'importance du flux total du secteur 3 (4,8 g/j), et plus particulièrement le fait que cette substance ne soit pas analysé systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites, le **nonylphénol mono-éthoxylate** n'apparaît pas comme substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet.

- **Pour le nonylphénol di-éthoxylate (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés du sect. 3 est de **2,66 g/j** (157 sites - 826 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 32 sites 153 mesures - contributeur à **20,5%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,54 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 80 sites (445 mesures - contributeur à **24,6%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,65 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 19 sites (112 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (37 mesures - contributeur à **18%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,48 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 15 sites (78 mesures - contributeur à **37%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,99 g/j**

Répartition des flux en nonylphénol di-éthoxylate dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le nonylphénol diéthoxylate n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ce composé individuellement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénol diéthoxylate de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Le nonylphénol di-éthoxylate n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, l'absence de rejet supérieur aux seuils de réduction et/ou de surveillance, de l'importance du flux total du secteur 3 (2,66 g/j), et plus particulièrement le fait que cette substance ne soit pas analysé systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites, le **nonylphénol di-éthoxylate** n'apparaît pas comme substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet.

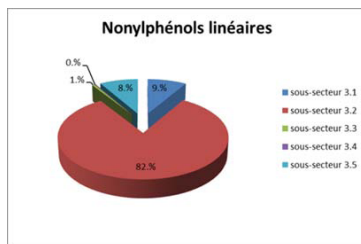
³⁹⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

- **Pour les nonylphénols linéaires (analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés du sect. 3 est de **429,7 g/j** (164 sites - 837 mesures - 10 flux supérieurs au seuil surveillance (sous-sect. 3.1, 3.2 et 3.5), 6 flux supérieurs au seuil réduction (sous-sect. 3.1, 3.2 et 3.5)).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 31 sites (157 mesures - contributeur à 8,5% au flux du sect. 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 36,4 g/j
- Sous-secteur 3.2** : 79 sites (411 mesures - contributeur à 82,3% au flux du sect. 3) - 7 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 353,5 g/j
- Sous-secteur 3.3** : 23 sites (131 mesures - contributeur à 0,6% au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 2,6 g/j
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (37 mesures - contributeur à 0,1% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0,60 g/j
- Sous-secteur 3.5** : 20 sites (101 mesures - contributeur à 8,4% au flux du sect. 3) - 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 36 g/j

Répartition des flux en nonylphénols linéaires dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : les nonylphénols linéaires ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation³⁹⁶ n'identifie pas ces composés spécifiquement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénols linéaires de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Malgré le manque de représentativité des données, le nombre de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans les sous-secteurs 3.1, 3.2 et 3.5 fait que **la famille des nonylphénols linéaires peut être considérée comme une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets.**

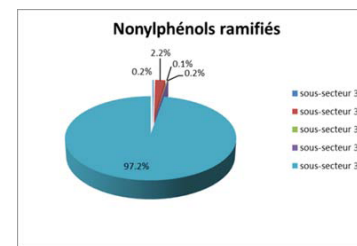
³⁹⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2,250.190.28.8.6994/4/2,250.190.28.6.15

- **Pour les nonylphénols ramifiés (analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés du sect. 3 est de **94,7 g/j** (41 sites - 199 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance (sous-sect. 3.5), 1 flux supérieur au seuil réduction (sous-sect. 3.5)).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 6 sites (30 mesures - contributeur à 0,2% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0,22 g/j
- Sous-secteur 3.2** : 21 sites (93 mesures - contributeur à 2,2% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 2,12 g/j
- Sous-secteur 3.3** : 6 sites (31 mesures - contributeur à 0,1% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0,13 g/j
- Sous-secteur 3.4** : 2 sites (9 mesures - contributeur à 0,2% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0,17 g/j
- Sous-secteur 3.5** : 6 sites (36 mesures - contributeur à 97,2% au flux du secteur 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 92 g/j

Répartition des flux en nonylphénols ramifiés dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : les nonylphénols ramifiés ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ces composés spécifiquement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de nonylphénols ramifiés de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

La présence de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans le sous-secteur 3.5 pourrait être prise en compte dans l'identification de substances d'intérêt.

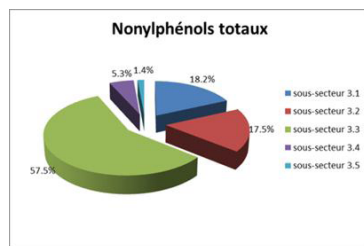
Malgré le manque de représentativité des données, la présence de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans le sous-secteur 3.5 fait que **la famille des nonylphénols ramifiés pourrait être considérée comme une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets.**

- **Pour les nonylphénols totaux** (analysés systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.4), la somme des flux moyens formatés du sect. 3 est de **8,5 g/j** (66 sites - 278 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance (sous-sect. 3.3), 0 flux supérieur au seuil réduction).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 9 sites (39 mesures - contributeur à 18,2% au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 1,55 g/j
- Sous-secteur 3.2** : 31 sites (135 mesures - contributeur à 17,5% au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 1,5 g/j
- Sous-secteur 3.3** : 17 sites (78 mesures - contributeur à 57,5% au flux du sect. 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 4,9 g/j
- Sous-secteur 3.4** : 3 sites (9 mesures - contributeur à 5,3% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0,45 g/j
- Sous-secteur 3.5** : 5 sites (17 mesures - contributeur à 1,4% au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0,12 g/j

Répartition des flux en nonylphénols totaux dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : les nonylphénols totaux sont analysés de façon systématique dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.3 et 3.5, et seulement, au cas par cas, dans les rejets du sous-secteur 3.3 d'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation³⁹⁷. On remarquera cependant que le nombre de sites concernés est très faible par rapport au nombre total de sites du secteur 3 pour lesquels des données sont disponibles (209 sites). Les données ci-dessus ne semblent donc pas représentatives des flux de nonylphénols totaux pour l'ensemble des sous-secteurs, y compris pour le sous-secteur 3.3.

La présence d'un flux supérieur au seuil de surveillance (sous-secteur 3.3) pourrait cependant être prise en compte dans l'identification de substances d'intérêt.

Malgré le manque de représentativité des données, la présence d'un flux supérieur au seuil de surveillance dans le sous-secteur 3.3 fait que **la famille des nonylphénols totaux pourrait être considérée comme une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets**.

³⁹⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Présence dans les rejets des stations d'épuration urbaines

Le Canada considère que les stations d'épuration urbaines sont une source de contamination de l'environnement, et plus encore probablement les boues de station d'épuration. (Env. Canada, 2001)

Les effluents des stations d'épuration sont considérés comme la source la plus importante de nonylphénol dans l'environnement (Belanger, juin 2010). On notera que cette étude fournit de nombreuses données récentes (2003 à 2007) de concentrations en NP, NP1EO, NP2EO et NPnEO dans les eaux usées Canadiennes, en lien avec les types de traitement, ainsi que dans des eaux naturelles (fleuves et lacs).

En Allemagne, le **4-nonylphénol**, le 4-t-octylphénol, le bisphénol A et le 2-hydroxybiphényle ont été retrouvés dans les sédiments et les boues de STEP. La concentration totale de ces xéno-œstrogènes phénoliques (3675 mg/t MS) dans les boues était plus forte que dans les sédiments. (INERIS, 2006) Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, les nonylphénols sont détectés dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Les résultats de la première campagne du RSDE (2002-2006) font apparaître que les nonylphénols sont la deuxième substance dangereuse à être détectée (par rang de fréquences de détection) dans les rejets des ICPE de la région Rhône-Méditerranée. De même, 25% des stations d'épuration urbaines émettent des nonylphénols, substances dangereuses prioritaires. (Lagarrigue, 2011)

Le projet AMPERES a montré que les **octyl-** et **nonyl-** phénols étaient détectés dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations allant de 1 à 10 µg/l. (Choubert, et al., 2011)

La charge industrielle, la population, le type de traitement et l'opération de la station d'épuration influencent les concentrations qui sont présentes dans l'effluent final. Les métabolites issus de la dégradation des nonylphénols éthoxylates ont une action hormono-mimétique et interfèrent avec les récepteurs des hormones naturelles. L'affinité des nonylphénols éthoxylates pour ces récepteurs demeure cependant moindre que celle des hormones naturelles. (Belanger, juin 2010)

Une fois rejetés dans les réseaux d'épuration des eaux d'égout, les NPE peuvent subir plusieurs transformations. Le mécanisme de dégradation est complexe, mais en général, le fragment original de molécule perd d'abord des groupes éthoxy (EO). En milieu aérobie et anaérobie, la biodégradation donne lieu à la formation de métabolites plus toxiques (et à effets oestrogéniques). Il s'agit du NP, du nonylphénol monoéthoxylé (NP1EO), du nonylphénol diéthoxylé (NP2EO), de l'acide nonylphénoxyacétique (NP1EC) et de l'acide nonylphénoxyéthoxyacétique (NP2EC). Les NPE peuvent subir une biodégradation en raison de la perte graduelle de groupes éthoxy pour donner des congénères moins éthoxylés, des produits carboxylés et du NP. Les produits intermédiaires et finaux du métabolisme sont plus persistants que les NPE parents, mais ces substances intermédiaires finissent probablement par subir une biodégradation. (Env. Canada, 2001)

Présence dans les autres types de rejets industriels :

Industries textiles

Une étude canadienne récente (2001) indique qu'au Canada, les rejets des industries textiles sont une voie prépondérante d'entrée des éthoxylates de nonylphénols dans l'environnement. Ces informations sont confirmées par une campagne de mesures effectuée en 2001 par la DRIRE Champagne - Ardennes dans laquelle 90% du flux de 4-nonylphénol émis par les industries de la région proviennent des industries textiles (13 établissements textiles testés, dont 7 avec des flux quantifiables pour un flux total de 133 g/j). (INERIS, 2005)

Industries des métaux et traitements de surface

Dans la même campagne de mesures effectuée en 2001 par la DRIRE Champagne - Ardennes, on note qu'une proportion importante des établissements de l'industrie des métaux et des traitements de surface est concernée par les nonylphénols. (INERIS, 2005)

Industries agroalimentaires

La même campagne de mesures effectuée en 2001 par la DRIRE Champagne - Ardennes montre la présence de nonylphénols en quantité sensible pour environ un tiers des établissements agroalimentaires testés et pourrait être une indication de l'emploi de détergents industriels de façon encore significative dans ce secteur. (INERIS, 2005)

Présence dans l'environnement

Les NPE et leurs produits de dégradation (par exemple le nonylphénol) ne proviennent pas de sources naturelles. Leur présence dans l'environnement résulte uniquement de l'activité anthropique. Le NP et les NPE pénètrent dans l'environnement surtout par les effluents industriels et les effluents (les liquides et les boues) des stations municipales d'épuration des eaux usées, mais aussi par rejet direct, bien qu'on ne connaisse pas l'importance de cette dernière voie de pénétration. (Env. Canada, 2001)

Compartment atmosphérique

Comme la constante de la loi de Henry et la tension de vapeur du NP, et notamment des NPE, sont faibles, la distribution de ces composés dans l'air est extrêmement limitée. (Env. Canada, 2001)

Il est probable que le NP et les NPE ne se volatilisent pas facilement dans l'atmosphère et s'y décomposent rapidement. Des chercheurs (1999) ont décelé du NP (la somme de 11 isomères) dans tous les échantillons atmosphériques prélevés dans les régions urbaines et côtières de l'estuaire du cours inférieur du fleuve Hudson (Canada) ; ils ont prédit que le NP présent dans l'eau pouvait se volatiliser dans l'atmosphère là où les concentrations de cette substance étaient élevées dans les eaux de surface, bien que la constante de la loi de Henry soit faible. (Env. Canada, 2001)

Selon la U.K. Environment Agency (1998), la demi-vie des radicaux hydroxyle avec le NP dans l'atmosphère est de 0,3 jour, et il est donc improbable que le NP présent dans l'atmosphère soit transporté dans des régions éloignées. (Env. Canada, 2001)

Comme les NPE sont beaucoup moins volatils que le NP, leur distribution dans l'atmosphère est improbable. Toutefois, comme les préparations de pesticides appliquées par voie aérienne contiennent des NPE, il serait nécessaire d'améliorer la connaissance des réactions chimiques et photochimiques ainsi que le devenir de ces substances dans l'atmosphère. (Env. Canada, 2001)

Eau & sédiments

La présence des alkylphénols (éthoxylés ou non) dans le milieu aquatique pose problème essentiellement du fait de leur activité oestrogénique à très faible concentration pour les organismes de l'environnement. (Greenpeace, 2011)

Le 4-nonylphénol est une substance largement répandue dans l'environnement. Le plus souvent, il s'agit d'un sous produit de dégradation d'alkylphénols polyéthoxylates non-ioniques. Historiquement, ces substances détergentes ont été utilisées pour limiter la formation de mousses dans les eaux naturelles. (Langenkamp, et al., 2001)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de nonylphénols dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le flux estimé en nonylphénols est inférieur à 1 kg/jour. (Pojer, 2008)

Près de 60% de la production des nonylphénols éthoxylés se retrouvent dans l'écosystème aquatique. La dégradation partielle des nonylphénols éthoxylés génère des métabolites encore plus persistants comme le nonylphénol. (Belanger, juin 2010)

En milieu aquatique, la biodégradation primaire des NPE est rapide, mais les produits qui en résultent, comme le NP1EO, le NP2EO, le NP1EC, le NP2EC et le NP sont modérément persistants, notamment en milieu anaérobie. Pour que l'efficacité de la dégradation soit optimale, l'acclimatation microbienne à ces substances chimiques est nécessaire. Il est aussi probable que la photodégradation de ces produits est importante. Compte tenu du peu de données qui existent, on peut affirmer que le NP et ses dérivés moins éthoxylés et carboxylés sont persistants dans les eaux souterraines. (Env. Canada, 2001)

Cas des rejets urbains par temps de pluie (Bertrand-Krajewski, 2008)

En 2004, des campagnes de prélèvement de rejets urbains par temps de pluie ont permis de détecter les nonylphénols à des niveaux de l'ordre de 7 à 25 milligramme par hectare de bassin versant actif.

Sédiments

Le nonylphénol et les NP1EO et NP2EO s'adsorbent facilement sur les matières particulaires. Cette propension à l'adsorption en facilite la concentration dans les sédiments. Le nonylphénol présente également une persistance accrue lorsqu'il est adsorbé aux sédiments (Environnement Canada, 2001). Les premiers kilomètres du panache de l'effluent d'une station d'épuration sont susceptibles de présenter les plus fortes concentrations de nonylphénol. (Belanger, juin 2010)

L'étude (Belanger, juin 2010) fait état de nombreuses données sur des concentrations en nonylphénol et en nonylphénols éthoxylates mesurées dans des boues de stations d'épuration canadiennes ainsi que dans des sédiments du milieu naturel.

Sols

Le nonylphénol semble être persistant dans les décharges en milieu anaérobie, mais il ne semble pas l'être dans le sol en milieu aérobie. (Env. Canada, 2001)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles des nonylphénols dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs**

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs

19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 29* détergents contenant des subst. dangereuses

20 03 Autres déchets municipaux

20 03 04 boues de fosses septiques

20 03 06 déchets provenant du nettoyage des égouts

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Les principaux outils analytiques pour l'étude des alkylphénols sont la LC/MS et la GC/MS. Cette dernière méthode présente un spectre d'utilisation plus intéressant pour l'analyse du 4-nonylphénol et du 4-tert-octylphénol. Par conséquent, la GC/MS reste donc la méthode de référence pour le développement du dosage des alkylphénols. (INERIS, 2005-b)

DOSAGE DE L'OCTYLPHENOL DANS LES EAUX USEES (INERIS, 2005-b)

Note : Ce document détaille plusieurs méthodes de d'extraction, de purification et de détection dont certaines sont particulièrement sensibles, pour les eaux de rivières et résiduaires, les boues, et les sédiments. Seules les informations dédiées aux eaux résiduaires ont été retenues ici.

Prétraitement au laboratoire

Entraînement à la vapeur : Cette méthode d'extraction est actuellement parfois utilisée pour extraire le 4-NP de la matrice «eau de rejet». Cette technique d'extraction nécessite une étape de purification permettant d'isoler les NP des autres composés volatils et semi-volatils contenus dans l'échantillon étudié. Cette étape supplémentaire augmente le temps d'analyse et rend la méthode peu intéressante.

Extraction liquide/liquide : L'utilisation de l'extraction L/L est généralement limitée aux composés peu polaires (NP, OP). Certaines études ont montré que le meilleur solvant d'extraction pour les nonylphénols (NP), était le dichlorométhane (DCM) avec des rendements variant de 87 à 98%. L'emploi de la technique d'extraction L/L en continu (solvant DCM), permet d'atteindre des rendements d'extraction de l'ordre de 100 %, pour les nonylphénols. En raison de sa toxicité et de sa volatilité importante, l'utilisation du DCM est à éviter, et donc, d'autres solvants d'extraction ont été testés lors du développement de la norme ISO/DIS 18857-1 (hexane, cyclohexane, tert-butyl méthyl éther, acétate d'éthyle, toluène).

Avec un rendement d'extraction de 87%, le toluène a finalement été retenu comme solvant d'extraction pour l'analyse des alkylphénols.

Extraction sur phase solide : Contrairement à l'extraction L/L, l'extraction SPE ne nécessite que peu de solvant et peut être automatisée. Préalablement, l'échantillon doit être filtré sur un filtre en fibre de verre (porosité : 1,2 µm ou moins) dans le but d'éliminer la phase particulaire pour éviter les risques de colmatage des supports SPE.

Deux types sont principalement utilisés :

- le carbone graphitisé : ce type de cartouche permet de pré-concentrer les NP. L'élution est réalisée à l'aide d'un mélange dichlorométhane/méthanol 70/30 v/v.

- l'octadécylsilane C18 (ODS) : ce type de cartouche permet de pré-concentrer les nonylphénols et octylphénols. Avant l'extraction, 1g d'octadécylsilane est pré-conditionné par 5 ml d'acétonitrile, 5 ml de méthanol et 10 ml d'eau.

Analyse

L'analyse des alkylphénols peut s'effectuer par chromatographie en phase gazeuse. De par leur volatilité importante, aucune étape de dérivatisation n'est absolument nécessaire. Les colonnes utilisées sont essentiellement capillaires et greffées d'une phase stationnaire faiblement polaire (OV1 / DB5 / SE 54).

Détection

Détection par ionisation de flamme (FID) : dans la littérature récente, ce type de détecteur n'est pratiquement plus présenté pour les alkylphénols.

Détection par spectromètre de masse (MS) : la GC/MS permet l'analyse des octylphénols, nonylphénols et nonylphénols éthoxylés (NPnEO $1 \leq n \leq 3$). La GC/EI/MS est la méthode d'analyse la plus fréquemment utilisée pour l'analyse des alkylphénols.

Sensibilité dans les eaux résiduaires :

- LD = 0,5 µg/l

Interférences :

Matières en suspension : mais il est important de noter que l'élimination de la phase particulaire lors de la filtration préalable engendre la perte des composés qui s'y trouvent adsorbés (environ 20%).

DOSAGE DU 4-n-NONYLPHENOL ET DU NONYLPHENOL LINEAIRE DANS LES EAUX DOUCES

(AQUAREF, 2010-B) ; (AQUAREF, 2010-C)

Mesure préalable : matières en suspension

Remarques :

- Du fait de son caractère hydrophobe, le **4-nonylphénol** est préférentiellement présent dans les sédiments ($\log Kow > 5$), mais dans le cadre du programme de surveillance il doit être recherché dans l'eau, la NQE étant fixée dans l'eau. Il n'existe à ce jour pas de NQE sédiment. (AQUAREF, 2010-b)
- Du fait de leur caractère amphiphile, les **nonylphénols linéaires** sont est répartis entre la phase aqueuse et les sédiments ($5 > \log Kow > 3$), mais dans le cadre du programme de surveillance ils doivent être recherchés dans l'eau ; la NQE étant fixée dans l'eau (substance de l'état chimique). Il n'existe à ce jour pas de NQE sédiment. (AQUAREF, 2010-c)
- Le n°CAS 104-40-5 est le **4-nonyl-phénol à chaîne linéaire**, à l'exclusion de tout isomère de position et de toute ramification de chaîne. Cette substance est citée dans la directive, et une valeur de NQE lui est attribuée. Toutefois, cette substance n'est pas représentatives des émissions industrielles ou diffuses en nonylphénols.

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Ne pas rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever, les analytes peuvent adhérer.

Système de prélèvement en inox ou en verre

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage à l'acétone)

Bouchons en verre ou bouchons en plastique contenant une capsule en polymères fluorés prétraitée (rinçage acétone) ou feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8h)

Bannir les bouchons et les flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non-relargage de composés.

Prétraitement et transport

Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire

Acidifier à pH=2 en ajoutant de l'acide chlorhydrique.

Transporter dans une enceinte réfrigérée à $5 \pm 3^\circ\text{C}$ sous un délai de 24h.

Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test chlore sensibilité de 0,5 mg/l), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pour 1 litre d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.

Prétraitement au laboratoire

Remise à température ambiante en vue de l'analyse

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse du 4-n-nonylphénol en effectuant plusieurs rinçages au solvant préconisé (acétone) afin d'éviter des valeurs de blancs élevées.

La verrerie utilisée au laboratoire doit être ambrée pour éviter les phénomènes de dégradation

Bannir l'utilisation de détergents.

Stockage et conservation

Stockage à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ à l'abri de la lumière

Analyse à réaliser dans les 2 semaines maximum après prélèvement

Sensibilité :

- LQ atteignable avec un dosage en chromatographie en phase gazeuse / détection par spectromètre de masse (CG/SM) pour le 4-n-nonylphénol (AQUAREF, 2010-b), mais pas pour le nonylphénol linéaire (AQUAREF, 2010-c)
- Le niveau NQE/3 est atteignable pour le 4-n-nonylphénol comme pour le nonylphénol linéaire (AQUAREF, 2010-b) ; (AQUAREF, 2010-c)

Interférences :

Matières en suspension : pour les substances organiques non volatiles l'analyse est réalisée sur l'eau brute. Dans le cas d'échantillons chargés en MEST (≥ 250 mg/l), réaliser l'analyse séparément sur phase dissoute et sur phase particulaire.

DOSAGE DES ALKYLPHENOLS DANS LES EAUX DE SURFACE (SETAC - Rosenblum L. & al, 2006)

Domaine d'application : La méthode s'adresse aux eaux destinées à la consommation humaine. Elle a été mise au point pour détecter l'ensemble des métabolites des alkylphénols (et éthoxylates) à des concentrations très faibles de façon à être en mesure d'évaluer l'efficacité des traitements de finition des eaux.

Extraction / préparation

La phase d'extraction se fait uniquement avec des matériaux en verre et en téflon pour éviter les sources de contamination liées aux nonylphénols potentiellement relargués par les matériaux en plastique.

Dosage

Méthode de dosage

Une méthode analytique utilisant l'extraction des C18 en phase solide (SPE) suivie d'une analyse chromatographique en phase liquide / spectrométrie de masse (LC/MS) a été développée pour les octylphénols (OP), nonylphénols (NP), nonylphénols mono-éthoxylates (NP1EO), nonylphénols diéthoxylates (NP2EO), octylphénols mono-éthoxylates (OP1EO), octylphénols diéthoxylates (OP2EO) et nonylphénoxy acide acétique (NP1EC).

La phase de séparation des OP1EO, OP2EO, NP1EO, et NP2EO est faite avec une colonne de chromatographie phényle ouverte usuelle. La séparation chromatographique élimine la suppression par ionisation des monoéthoxylates faiblement ionisés par les éthoxylates à plus longues chaînes, ce qui améliore la sensibilité des dosages pour les OP1EO et NP1EO.

La résolution des alkylphénols, y compris le NP1EC, est améliorée par la faible affinité de la colonne phényle pour les acides humiques.

Limite de détection :

La LD instrumentale est inférieure ou égale à 20 pg sur la colonne, pour chacun des analytes recherchés.

Pour des échantillons de référence à 100 ng/l, le rendement se situe entre 75% et 110%.

La sensibilité de cette méthode est suffisante pour permettre la détection des alkylphénols dans des eaux de surface, des eaux potabilisables et eaux de distribution.

DOSAGE DE COMPOSES A EFFETS OESTROGENIQUES DANS LES EAUX DE SURFACE (SETAC - Lee J & al., 2006)

Contexte : Une méthode de quantification rapide et simple a été mise au point pour plusieurs composés à effets oestrogéniques, dont, entre autres, **les nonylphénols**, le **4-octylphénol**, le 17 β -œstradiol, le 17 α -éthynylœstradiol, dans des eaux de rivière. L'article présente la méthode la plus performante.

Principe : Dosage des composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières par micro-extraction en phase liquide (LPME) sur membrane de fibres creuses (HF), après dérivation et chromatographie gazeuse-spectrométrie de masse.

Extraction / préparation

Une prise d'essai de 10 ml est extraite avec 5 μ l d'un mélange toluène-dichlorométhane (50/50). La concentration de l'échantillon est optimisée en allongeant le temps d'extraction (30 min), en ajustant le pH des échantillons à 2, en centrifugeant l'échantillon (700 rpm), en ajoutant du NaCl à 30% au mélange toluène-dichlorométhane,

Dosage

Méthode de dosage

A partir des 5 μ l d'extrait en phase toluène-dichlorométhane obtenus, 3 μ l sont injectés dans le GC, suivis de 2 μ l de N-méthyl-N-(triméthylsilyl)trifluoroacétamide (MSTFA) pour dérivation.

Les substances sont quantifiées en 32 minutes, en spectrométrie de masse en mode sélection d'ions (SIM), avec une durée d'injection de 2 minutes.

Le coefficient de corrélation obtenu pour les composés ciblés est de 0,980 à 0,995 à des concentrations de 5 μ g/l à 500 μ g/l.

Pour des échantillons d'eau avec ajouts dosés de 50 μ g/l, le coefficient de variation (n=6) de l'étape HF-LPME est de 1,40% à 16,55%.

Limite de détection :

La limite de détection pour chacun des analytes recherchés va de 0,5 à 5,0 ng/l.

La limite de quantification va de 2,5 à 10,0 ng/l.

Les résultats montrent que la microfiltration HF-LPME est une méthode de préparation des échantillons d'eau suffisamment simple et performante pour permettre la détection de composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX

Norme NF EN ISO 18857-1 : Qualité de l'eau - Dosage d'alkylphénols sélectionnés - Partie 1 : méthode pour échantillons non filtrés par extraction en phase liquide-liquide et chromatographie en phase gazeuse avec détection sélective de masse. (2006)

Domaine d'application : La norme s'adresse au 4-(1,1,3,3) tétraméthyl-butylphénol (CAS 140-66-9) et au 4-nonylphénol (CAS 84852-15-3) ; elle peut facilement s'adapter au 4-n-nonylphénol (CAS 104-40-5).

Dosage : Analyse en spectrométrie de masse avec ionisation par impact électronique (IE) et en mode sélection d'ions (SIS ou SIM).

Sensibilité usuelle pour le 4-n-nonylphénol : (AQUAREF, 2010-b)

Aquaref mentionne des LQ allant de 0,02 μ g/l (donnée issue du domaine d'application de la norme) à 0,025 μ g/l (donnée obtenue à l'INERIS)

La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3

Sensibilité usuelle pour le 4-nonylphénol : (AQUAREF, 2010-c)

Aquaref mentionne une LQ de 0,02 μ g/l (donnée issue du domaine d'application de la norme)

La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3

Norme NF EN ISO 18857-2 : Qualité de l'eau - Dosage d'alkylphénols sélectionnés - Partie 2 : dosage par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse d'alkylphénols, de leurs éthoxylates et de bisphénol A dans des échantillons non filtrés après extraction en phase solide et dérivation. (2009)

Domaine d'application : La norme s'adresse au 4-(1,1,3,3) tétraméthyl-butylphénol (CAS 140-66-9) et au 4-nonylphénol (CAS 84852-15-3) ainsi qu'à leurs monoéthoxylates et à leurs diéthoxylates, et au bisphénol A (CAS 80-05-7). Elle peut facilement s'adapter au 4-n-nonylphénol (CAS 104-40-5).

Dosage : Analyse en spectrométrie de masse avec ionisation par impact électronique (IE) et en mode sélection d'ions (SIS ou SIM).

Sensibilité usuelle pour le 4-n-nonylphénol (AQUAREF, 2010-b)
et le 4-nonylphénol (AQUAREF, 2010-c)

Aquaref mentionne une LQ de 0,03 μ g/l

La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3

Norme ISO 24293 : Qualité de l'eau - Détermination des isomères individuels de nonylphénol - Méthode par extraction en phase solide (SPE) et chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/MS). (2009)

Domaine d'application : La norme s'adresse au 4-nonylphénol CAS 25154-52-3 (NP1 à NP13) ; elle peut facilement s'adapter au 4-n-nonylphénol (CAS 104-40-5).

Dosage : Analyse en spectrométrie de masse avec ionisation par impact électronique (IE) et en mode sélection d'ions (SIS ou SIM).

Sensibilité usuelle pour le 4-n-nonylphénol (AQUAREF, 2010-b)

Aquaref mentionne une LQ de 0,001 µg/l (donnée issue du domaine d'application de la norme)
La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3

Sensibilité usuelle pour le 4-nonylphénol (AQUAREF, 2010-c)

Aquaref mentionne une LQ de 0,01 µg/l (donnée issue du domaine d'application de la norme)
La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3

**TECHNIQUES EMERGENTES D'ANALYSE DE L'EAU UTILISANT DU MATERIEL BIOLOGIQUE
DOSAGE DANS LES EAUX DOUCES PAR BIOCAPTEURS A RECEPTEURS OESTROGENIQUES**
(Lagarde, et al., 2010)

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui entraînent des dérèglements hormonaux et des anomalies du système endocrinien, voire du système nerveux. Certains agissent sur la synthèse des hormones endogènes ou de leurs récepteurs. D'autres possèdent une structure voisine des œstrogènes et se lient à leurs récepteurs, conduisant à l'inactivation ou à un fonctionnement anormal de ces derniers.

Un grand nombre de molécules possèdent de tels effets, comme les hormones de synthèse ou des substances chimiques comme les phtalates, les surfactants, les PCB, les alkyphénols, les parabènes, les HAP, les dioxines et certains pesticides. À ce jour, 320 substances prioritaires susceptibles de perturber le système endocrinien ont été répertoriées par l'Union européenne. Certaines d'entre elles (nonylphénol, di-2-éthylhexylphtalate et les éthers diphenyl-polybromés) ont été incluses dans la liste des substances prioritaires de la Directive-cadre sur l'eau. Une revue récente a été consacrée à l'utilisation des biocapteurs pour le suivi environnemental des perturbateurs endocriniens.

Les biocapteurs de toxicité exploitent les capacités de fixation de ces substances sur des récepteurs œstrogéniques immobilisés à la surface d'un transducteur. Le récepteur œstrogénique d'origine humaine est le plus souvent utilisé. Différents modes de transduction comme la fluorescence, la voltamétrie cyclique, la SPR, la mobilité électrophorétique, ont été proposés. Des systèmes portables, essentiellement basés sur une détection par SPR ont par ailleurs été développés. Récemment, un biocapteur comportant des nanotubes de carbones fonctionnalisés avec le récepteur œstrogénique humain de type α et utilisant un transistor à effet de champ comme transducteur a été proposé. Le temps de réponse est extrêmement rapide (2 min).

Analyse par immunocapteurs : Ils mettent en œuvre le principe de réaction anticorps/antigènes.

Les anticorps ou immunoglobulines (Ig) sont les protéines du système immunitaire, formées généralement en réponse à l'agression d'un organisme par un toxique, une protéine étrangère ou une bactérie qui constitue l'antigène de cet anticorps. On distingue les anticorps polyclonaux, constitués de protéines dirigées contre le même antigène mais pouvant cibler des sites différents (épitopes), et les anticorps monoclonaux, dirigés contre un seul et même épitope de l'antigène.

Les principales méthodes utilisées dans les immunocapteurs sont :

- o soit des méthodes de détection directe de la formation du complexe antigène-anticorps (mesure de la modification des propriétés électriques par spectroscopie d'impédance électrochimique, ou mesure de la modification des propriétés optiques par résonance plasmonique de surface) ;
- o soit des méthodes indirectes par marquage de l'antigène fixé par un anticorps marqué par une enzyme conduisant à des produits colorés ou fluorescents (transducteur optique), ou à des produits électroactifs (transducteur électrochimique).

Sensibilité :

Les nonylphénols peuvent être quantifiés par la technique des biocapteurs immunologiques (détection directe, transducteur ampérométrique), avec une limite de détection de 10 µg/l.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Au Canada, en 2001, la deuxième liste de substances d'intérêt prioritaire, se limitait au nonylphénol et à ses dérivés éthoxylés. Toutefois, les enquêtes des experts ont montré que le remplacement des NPE par des OPE peut accroître plutôt que réduire le risque pour l'environnement du fait d'effets œstrogéniques supérieurs. (Env. Canada, 2001)

Il faudrait faire preuve de prudence en ce qui concerne le remplacement possible du nonylphénol et des nonylphénols éthoxylés par d'autres alkyphénols éthoxylés comme l'octylphénol et les octylphénols éthoxylés car ils possèdent des propriétés physiques et chimiques semblables. Si leur utilisation comme produits de remplacement du NP et des NPE présente un intérêt potentiel, ces composés possèdent des priorités toxicologiques semblables, et leur pouvoir œstrogénique est plus important. Il est donc possible que le simple remplacement des nonylphénols et des nonylphénols éthoxylés par d'autres alkyphénols éthoxylés, et en particulier par les octylphénols éthoxylés ne réduise pas le risque pour l'environnement. (Env. Canada, 2001)

Produits de substitution

Tous secteurs industriels

Le nonylphénol peut être remplacé par des alcools gras éthoxylés. Le nonylphénol sert majoritairement à fabriquer des éthoxylates de nonylphénols, la question de la substitution est surtout pertinente pour ces derniers. Pour les autres usages des nonylphénols, soit la disponibilité de produits de substitution est mal connue, soit la substitution n'est pas possible. De même, dans la grande majorité des cas, les éthoxylates de nonylphénols peuvent être substitués par des alcools gras éthoxylés. (RMC, 2010)

Selon les enquêtes de l'INERIS (INERIS, 2005), il semble probable que les éthoxylates de nonylphénols restent assez largement utilisés dans les activités de nettoyage industriel, tous secteurs confondus.

Industrie du traitement des cuirs et peaux

Les alcools éthoxylés, les polyéthoxylates aliphtiques et les alkyl-polyglycoside sont recommandés pour remplacer les nonylphénols éthoxylés mais sont d'efficacité moindre

Fabrication de résines formophénoliques (extraction pétrolière)

Les substituts au nonylphénol ne sont pas connus et - au contraire, il semblerait que pour cette application, les éthoxylates d'octylphénols seraient actuellement remplacés par les éthoxylates de nonylphénols. (INERIS, 2005)

Ennoblement textile / Blanchisserie

Remplacé par alcools gras éthoxylés : ces substituants existent et sont applicables moyennant une adaptation des procédés (RMC, 2010)

Remplacé par alcools éthoxylés : leur performances sont comparables, éventuellement légèrement moindres ce qui implique un léger surdosage des produits alternatifs par rapport à ceux contenant des éthoxylates de nonylphénols (BREF de la chimie inorganique et des engrais) (RMC, 2010)

Techniques de traitement dans les effluents

D'une façon générale, il y a peu de données disponibles sur l'efficacité des techniques de traitement d'effluents domestiques et industriels sur les nonylphénols. (INERIS, 2005) Cette affirmation était valable en 2005, mais de nos jours, suite aux contraintes réglementaires, les techniques disponibles sont beaucoup plus nombreuses. Les informations disponibles portent toutefois essentiellement sur les eaux usées domestiques.

Voir les fiches "traitements" concernées pour plus de détails.

Traitement par biodégradation microbienne

La dégradation bactérienne des agents tensio-actifs est la principale voie d'élimination de ces substances dans l'environnement. Dans les stations d'épurations, les microorganismes peuvent à la fois utiliser les tensio-actifs comme substrat énergétique et nutriment ou pour co-métaboliser d'autres surfactants. Ces réactions sont influencées par de nombreux paramètres physico-chimiques. Les alkylphénol éthoxylates sont annoncés comme "dégradables" en conditions aérobies et "partiellement dégradables" en conditions anaérobies. (Ying, 2006)

Traitement par adsorption sur charbon actif

L'adsorption sur charbon actif en poudre, technique très coûteuse avec laquelle on peut avoir des rendements supérieurs à 90% Cette technique est surtout justifiée dans le cas d'un recyclage. (RMC, 2010)

Traitement membranaire

Cette technique est également coûteuse et nécessite de fortes compétences en exploitation. On peut raisonnablement atteindre des rendements supérieurs à 90%. (RMC, 2010)

Selon le projet AMPERES, des traitements de finition par osmose inverse permettent d'atteindre des rendement supérieurs à 70%. (Choubert, et al., 2011)

Déshuilage, dégraissage, coagulation, flottation (ennoblement textile)

Une étude (de 1999) revendique des taux d'élimination de 95% d'effluent de lavage de laine, par un traitement physico-chimique avec un flocculant spécialisé. (RMC, 2010)

Traitement par les UV (Belanger, juin 2010)

En 2002, la station d'épuration de la Ville de Montréal a réalisé un essai pilote avec son effluent en vue d'évaluer l'efficacité des technologies de désinfection pour la dégradation des nonylphénols éthoxylés. Les performances de l'irradiation aux rayons ultraviolets par une unité pilote **Trojan 4000** ont été évaluées. Cette unité contenait une lampe UV au mercure à moyenne pression, dont le rayonnement fut fixé entre 25 et 30 mWs/cm² et entre 30 et 35 mWs/cm.

Les résultats de l'essai montrent que l'irradiation aux rayons ultraviolets permet la dégradation des nonylphénols éthoxylés. Son efficacité pour la dégradation du NP1EO est encourageante avec des **résultats de dégradation obtenus variant entre 40% et 50%**, ce qui permet de croire en son efficacité dans la suppression du nonyl-phénol. Cependant, les nonylphénols éthoxylés ayant des chaînes plus longues ne semblent pas être dégradés efficacement.

Traitement par ozonation

L'ozone forme des sous produits en réaction avec les phénols. Le nonylphénol, comme les composés oestrogénique, possèdent un anneau phénolique avec lequel l'ozone peut réagir pour former des sous produits. Ces derniers formés ont un potentiel oestrogénique plus faible que les substances mères. L'ozone permet ainsi de réduire le caractère oestrogénique de l'effluent. (Belanger, juin 2010)

Le traitement à l'ozone peut s'employer seul ou combiné avec le traitement par charbon actif. (RMC, 2010)

Traitement par le ferrate (Belanger, juin 2010)

Le ferrate (FeO₄²⁻) se démarque des autres oxydants par sa double fonction. Il permet l'oxydation d'une gamme variée de composés présents dans les eaux usées et sa décomposition en Fe³⁺ lui octroie des propriétés coagulantes. Son utilisation peut donc s'avérer avantageuse pour une installation en simplifiant les opérations et en réduisant de manière notoire la production de sous produits. Le ferrate présente le plus grand pouvoir oxydant.

Le ferrate dégrade certains contaminants organiques présents dans les eaux usées ainsi que des produits pharmaceutiques et des perturbateurs endocriniens.

Il n'existe présentement aucune étude concernant la formation des sous produits de l'oxydation du nonylphénol par le ferrate. Des concentrations de ferrate de 5 mg/L à 10 mg/L permettent de réduire les concentrations de nonylphénol de l'effluent respectivement de 71% et 85% pendant trois minutes. Dans ce cas, le pH joue un rôle déterminant dans l'oxydation des nonylphénols.

L'efficacité de la dégradation des nonylphénols par le ferrate est maximale à pH 6, cependant, elle est aussi présente à un pH situé entre 6 et 8 pendant trois à six minutes.

Autres traitements oxydants (Belanger, juin 2010)

Les procédés avancés d'oxydation proposent de manière générale une combinaison qui favorise la formation de radicaux hydroxyles dont le potentiel redox atteint 2,80. L'objectif est de réussir à oxyder les molécules les plus difficilement dégradables présentes dans l'effluent. Le processus complet d'oxydations avancées devrait ultimement produire du CO₂ et des ions inorganiques.

La photocatalyse hétérogène est également largement utilisée dans la dégradation des perturbateurs endocriniens. Cette technique implique l'irradiation d'un élément semi conducteur comme le dioxyde de titane (TiO₂) par des rayons ultraviolets.

L'application des procédés avancés d'oxydation pour le traitement des eaux usées demeure encore limitée. Elle s'avère une solution intéressante pour l'oxydation de composés faiblement oxydés par l'ozone, notamment pour certains perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques. Les résultats de plusieurs études montrent que les procédés avancés d'oxydation sont particulièrement efficaces dans la dégradation des nonylphénols éthoxylates. Leur utilisation est essentiellement axée sur la dégradation des micropolluants résistants aux techniques conventionnelles.

Traitement par les stations d'épurations urbaines**Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques**

Même si les stations d'épurations urbaines ont été dimensionnées pour réduire principalement la DCO, la DBO5 ou les MES contenues dans les eaux brutes, elles présentent également une grande efficacité d'élimination des substances à effets oestrogéniques, dans la plupart de cas supérieure à 90%, quel que soit le procédé de traitement. Dans le cas des alkylphénols, le taux d'élimination de la phase liquide est supérieur à 95%. Le potentiel de perturbation endocrinienne global à la sortie de la station d'épuration serait ainsi énormément diminué et par conséquent, le risque environnemental en partie contrôlé. (Castillo, L., et al., 2008)

Une étude portant sur 11 stations d'épuration d'eaux usées mettant en œuvre deux traitements secondaires (boues activées et filtration lente) ainsi que deux types de désinfectants (chloration et UV), a tenté de dégager les traitements les plus efficaces pour 52 substances émergentes. Parmi ces substances, le traitement aux UV est significativement plus efficace que la filtration pour le 4-nonylphénol monoéthoxylate et le 4-tert-octylphénol. (SETAC - Glassmeyer ST & al., 2006)

Une synthèse bibliographique réalisée par l'agence danoise de l'environnement en 2002 (Danish EPA, 2002) citée par (INERIS, 2005), fournit les éléments suivants pour le traitement des eaux usées domestiques :

- **Le rendement d'élimination** des composés des nonylphénols sur des stations d'épuration, pour des valeurs en entrée de l'ordre du mg/l, **se situe entre 20 et 80%**, en fonction du type de traitement. Les meilleurs rendements sont obtenus pour les filières les plus complètes et semblent dépendre également, mais dans une moindre mesure, de la température.
- **Des rendements supérieurs à 90%** peuvent être obtenus mais ils rendent nécessaire le recours à des techniques extrêmement coûteuses, comme la filtration sur charbons actifs en poudre, les membranes, etc. Ils ne paraissent pouvoir se justifier éventuellement que dans des cas de réutilisation d'eaux usées, dans lesquels l'objectif est moins de réduire les rejets dans le milieu naturel que de préserver la contamination de la chaîne alimentaire, ou encore pour préserver des milieux aquatiques très vulnérables (lacs par exemple).
- L'élimination des nonylphénols des eaux usées se traduit vraisemblablement par son **transfert dans les boues** (confirmé par Environnement Canada, 2001) ; une étude indique la digestion aérobie des boues comme un moyen d'abattre leur teneur en nonylphénols.

Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification des nonylphénols est de 55% en entrée de STEP à 25% en sortie de STEP. Cette campagne a permis de constater que le taux d'élimination des nonylphénols dans le rejet des STEP avec traitement biologiques était d'environ 70% alors qu'il était de 25% pour les traitements physico-chimiques. (Pojer, 2008)

Le projet AMPERES a montré que les nonylphénols étaient détectés dans plus de 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. Le rendement d'épuration par les boues activées avec aération prolongée atteint plus de 70% pour les **nonyl-** et **octyl-** phénols. (Choubert, et al., 2011)

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que le **4-ter-octylphénol** et le **4-ter-nonylphénol** étaient retrouvés dans plus de 70% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 1 à 10 mg/kg de boues. (Choubert, et al., 2011)

Traitement biologique (Belanger, juin 2010)

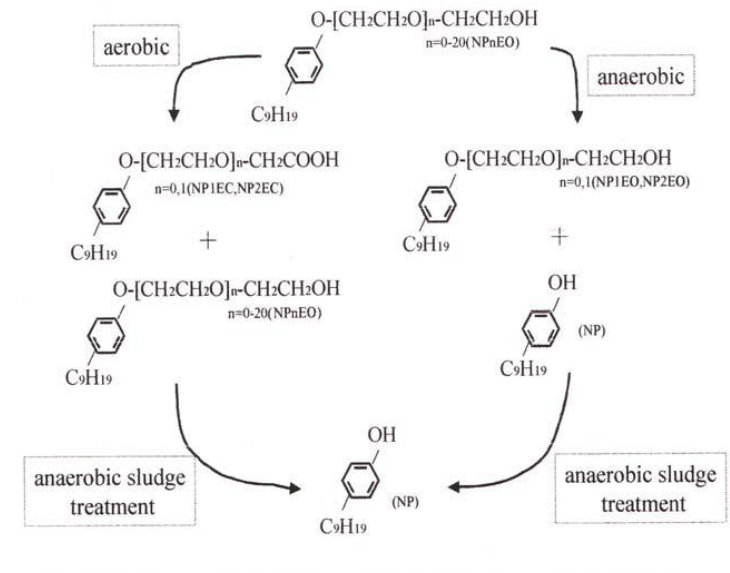
Les procédés conventionnels de traitement des eaux usées ne permettent qu'une dégradation partielle des nonylphénols éthoxylés.

La dégradation partielle s'effectue par la dissociation de chacun des groupements éthoxyles. Cette dissociation génère des intermédiaires dont la chaîne éthoxylée est plus courte.

Les quantités de nonylphénols éthoxylés qui transitent par une station d'épuration et qui atteignent les eaux naturelles sont évaluées à 40% des concentrations initiales. L'aboutissement du processus de dégradation des nonylphénols éthoxylés produit le nonylphénol qui, bien que plus difficilement dégradable, peut ensuite être réduit en H₂O, CO₂ et en sels inorganiques.

Une séquence aérobie du procédé de traitement des eaux usées forme des nonylphénols carboxyliques alors qu'une séquence anaérobie donne des congénères éthoxylés - voir schéma ci-dessous :

Dégradation des nonylphénols éthoxylates dans les eaux usées d'une station d'épuration.
Tiré de Komori, 2005 (Belanger, juin 2010)



Le nonylphénol, bien que plus difficilement dégradable, peut ensuite être réduit en H₂O, CO₂ et en sels inorganiques.

Le potentiel oestrogénique relié au nonylphénol éthoxylé implique principalement le nonylphénol et ses précurseurs avec des chaînes courtes tels que le nonylphénol monoéthoxylate (NP1EO) et le nonylphénol diéthoxylate (NP2EO).

REFERENCES

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - 4-n-nonylphénol [En ligne] // AQUAREF. - 27 09 2010-b. - <http://www.aquaref.fr>.

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - nonylphénols linéaires [En ligne] // AQUAREF. - 27 09 2010-c. - <http://www.aquaref.fr>.

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coilée sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

BREF de la chimie inorganique et des engrais [Ouvrage].

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Élimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Env. Canada Liste des substances d'intérêt prioritaire - Rapport d'évaluation : Le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés [Ouvrage]. - 2001. - Environnement Canada - Santé Canada : p. 117 pages. - Loi Canadienne sur la protection de l'Environnement (1999).

Feigenbrugel V. Devenir atmosphérique des pesticides : distribution entre les différentes phases de l'atmosphère et l'oxydation photochimique [Rapport] : Thèse de doctorat de Physique Chimie / Université Louis Pasteur de Strasbourg. - 2005. - p. 215 pages.

Greenpeace Dirty Laundry - Unravelling the corporate connections to toxic water pollution in China [Rapport] : Rapport sur la pollution de l'eau liée aux activités des industries textiles et du nettoyage - données de 2010 & 2011. - 2011. - p. 116 pages. - greenpeace.org.

INERIS Nonylphénols et éthoxylates - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - mai 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 24 pages.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLé.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = TI IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence T1958. - p. 15 pages. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Lagarrigue C., RMC L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Pollution par les substances sur le bassin Rhône-Méditerranée // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne .

Langenkamp H. et Part P. Organic Contaminants in Sewage Sludge for Agricultural Use Project Coordination [Rapport] / Institute for Environment and Sustainability Soil and Waste Unit ; European Commission - Joint Research Center. - 2001. - consultable en ligne : http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/organics_in_sludge.pdf.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

SETAC - Glassmeyer ST & al. Comparison of the relative efficacy of secondary biological treatment and disinfection at removing emerging contaminants from wastewater [Conférence] = Ref. 274 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.

SETAC - Lee J & al. Determination of endocrine disrupting compounds in river water by using hollow fiber membrane liquid phase microextraction with injection port-derivatization gas chromatography-mass spectrometry [Conférence] = P48 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.

SETAC - Rosenblum L. & al Analysis of Alkylphenols and Alkylphenol Ethoxylates with separation of ethoxymers using reversed phase LC/MS [Conférence] = P39 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.

Ying Guang-Guo Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment [Article] // Environment International / éd. Science-Direct. - [s.l.] : Elsevier, 2006. - Vol. 32. - pp. 417-431. - Article de synthèse bibliographique.

OCTYLPHENOLS

DESCRIPTIF**Synonymes³⁹⁸**

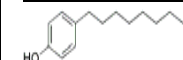
- 4-(1,1',3,3'-tétraméthylbutyl)-phénol (CAS 140-66-9)
- 1-(p-hydroxyphényl)-octane
- octylphénol (OP) - paraoctylphénol - p-octylphénol
- 4-tert-octylphénol - p-tert-octylphénol - C8 alkylphénols

Le terme "octylphénol" désigne un grand nombre de composés isomères dont la formule générale est $C_8H_{17}.C_6H_4(OH)$.

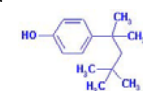
Le groupe octyle (C_8H_{17}) peut être ramifié de diverses manières ou constituer une chaîne droite et peut être situé dans la position en 2-, 3- ou 4- sur le cycle benzénique. Parmi ces isomères potentiels, c'est le 4-tert-octylphénol qui est le plus important du point de vue commercial. On retiendra que le terme "octylphénol" désigne uniquement le 4-tert-octylphénol. (INERIS, 2005-b)

Formule semi-développée : $C_{14}H_{22}O$ **N° CAS : 140-66-9 (4-octylphénol)**

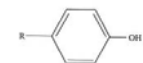
1806-26-4 octylphénol linéaire (para), n-octyl-4-phénol
27193-28-8 (1,1,3,3-tétraméthylbutyl)-phénol

Formule développée

OU



OU

avec $R=C_8H_{15}$

Famille :
alkylphénols
tensioactif non ionique

Propriétés physico-chimiques

- Solubilité dans l'eau :** 19 mg/L à 22°C (RMC, 2010)
12,6 mg/l (Ying, 2006)
6,35 mg/l (Feigenbrugel, 2005)
5 mg/l à 25 °C (AQUAREF, 2010-d)
- Pression de vapeur :** 0,001 kPa à 20 °C (RMC, 2010)
0,0047 kPa à 74°C (PubChem, 2011)
- Masse molaire :** 220,35 g/mol (Feigenbrugel, 2005)
206,32 g/mol (CAS n° 1806-26-4) (TOXNET)
206,36 (CAS n°140-66-9) (TOXNET)
- Temps de ½ vie dans l'eau de surface :** plusieurs mois (Ag S-N, 2008)
- Constante de Henry :** 0,70 Pa*m³/mol (INERIS, 2005-b)
- Log Kow :** 4,12 (Ying, 2006) (INERIS, 2005-b)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

- moyennement adsorbable sur les matières en suspension (Ag S-N, 2008)
- photo-oxydable (Ag S-N, 2008)
- Les alkylphénols sont dégradés par les UV dans l'atmosphère, et produisent du phénol et des crésols (Feigenbrugel, 2005)
- les octylphénols se décomposent à la chaleur en produisant des vapeurs de phénol toxiques (TOXNET)

Métabolites connus dans les stations d'épuration

- La dégradation des octylphénols et octylphénols éthoxylés dans les stations d'épurations produit des métabolites de structure analogue à ceux formés par la dégradation des nonylphénols et nonylphénols éthoxylés. (Env. Canada, 2001)
- Certains de ces sous-produits sont de plus halogénés dans les stations d'épuration où le chlore est utilisé à des fins de désinfection. (Env. Canada, 2001)

³⁹⁸ Liste non exhaustive

Toxicité et écotoxicité :NQE-MA³⁹⁹ : 0,1 µg/L (Dir. 2008/105/CE)NQE-CMA⁴⁰⁰ : sans objet (Dir. 2008/105/CE)PNEC_{eau douce} : 0,06 µg/l (Ag S-N, 2008)

LQ circ 05/01/09 = 0,1 µg/L

Note : NQE / LQ compatibles mais limite

Occurrence des octylphénols dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu :

- **Pour le para-tert-octylphénol (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés⁴⁰¹ du secteur 3 est de **32,7 g/j** (52 sites - 240 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance - 1 flux supérieur au seuil réduction (sous-secteur 3.5)).
- **Pour le p-n- octylphénol (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **168,4 g/j** (141 sites - 727 mesures - 2 flux supérieurs au seuil surveillance - 2 flux supérieurs au seuil réduction (sous-secteur 3.2)).
- **Pour le paramètre "octylphénols totaux" (analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3-2)**, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **0,14 g/j** (33 sites - 135 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Les octylphénols, en général, ne sont pas analysés systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs des industries du déchet. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux d'octylphénols de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Selon ces données, et malgré leur manque de représentativité, compte tenu de la présence de flux supérieurs aux seuils, le para-tert-octylphénol et les p-n-octylphénols pourraient être considérés comme substances d'intérêt, respectivement, pour les sous-secteurs **3.5** et **3.2** (sans toutefois apparaître dans les cinq premières substances d'intérêt pour ces sous-secteurs).

Traitabilité⁴⁰²

Biodégradable

Traitement biologique

Traitement possible par adsorption

Traitement par technique membranaire (traitement de finition)

Traitement à l'ozone : seul ou combiné avec le charbon actif.(traitement secondaire ou de finition)

Oxydation par voie humide (OVH) (prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité)

Oxydation thermique- incinération (traitement secondaire)

³⁹⁹ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle⁴⁰⁰ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible⁴⁰¹ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné⁴⁰² Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes**REGLEMENTATION**

- **Substance dangereuse prioritaire de l'Annexe X de la DCE modifiée (annexe II de la Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008** établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁴⁰³) : les octylphénols sont identifiés en tant que substances prioritaires, et spécifiquement le 4-(1,1', 3,3'-tétraméthylbutyl)-phénol (n°CAS 140-66-9).

Leur utilisation est interdite dans les cas suivants :

- nettoyage industriel et institutionnel (sauf lorsque les liquides de nettoyages sont recyclés ou incinérés)
 - produits de nettoyage domestique
 - traitement des textiles et des cuirs (sauf si certains traitements sont mis en place)
 - produits de traitement des trayons (médecine vétérinaire)
 - usinage des métaux (sauf lorsque des liquides de nettoyage sont recyclés ou incinérés)
 - fabrication de papier et de pâte à papier
 - produits cosmétiques et d'hygiène corporelle (sauf spermicides)
 - co-formulant dans les pesticides et les biocides (les pesticides bénéficient d'une autorisation nationale pour échapper à cette disposition jusqu'à expiration de leur autorisation)
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁴⁰⁴
 - Les octylphénols ne sont pas concernés
 - **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁴⁰⁵.
 - Les octylphénols ne sont pas concernés
 - **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Les octylphénols ne sont pas concernés
cependant, le 13 décembre 2011, l'octylphénol a été inscrit sur la liste candidate SVHC (substance extrêmement préoccupante) au titre de ses propriétés endocrines
 - **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁴⁰⁶
 - Les octylphénols ne sont pas concernés
 - **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁴⁰⁷ pour les octylphénols et octylphénols éthoxylates

⁴⁰³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>⁴⁰⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docid=2.250.190.28.8.13164#Article_2⁴⁰⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>⁴⁰⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11⁴⁰⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁴⁰⁸
 - Annexe 1 : les octylphénols fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,1 µg/L

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les octylphénols sont les produits de dégradation des tensioactifs non ioniques dans les stations d'épuration. (Ying, 2006)

Les éthoxylates d'octylphénols ne sont pas stables dans l'environnement et sont rapidement dégradés en octylphénols. Par rapport à leurs composés parents éthoxylés, les alkylphénols (produits de dégradation) sont plus persistants, plus toxiques, plus lipophiles et moins hydrosolubles. (INERIS, 2005-b)

PRODUCTION / UTILISATION

Production

L'Angleterre a été la première à utiliser les alkylphénols dans l'industrie textile, dans les années 1940. (Greenpeace, 2011)

La production mondiale d'alkylphénols éthoxylates en 1997 était de 500 000 tonnes, dont 80% de nonylphénols pour 20% d'octylphénols. La multiplicité des utilisations s'est cependant réduite car il a été montré que les sous produits de dégradation (AP et OP) sont persistants, bioaccumulables et ont des effets oestrogéniques certains pour la faune aquatique à des concentrations très faibles. (Ying, 2006)

Les alkylphénols sont des molécules exclusivement fabriqués industriellement. Il n'en existe aucune forme dans les substances naturelles. Ils sont fabriqués essentiellement pour la synthèse des alkylphénol éthoxylates (tensioactifs), essentiellement des nonyl phénols éthoxylates, et dans une moindre mesure des octylphénol éthoxylates.

La production des octylphénols se fait par alkylation du phénol en présence d'oléfines ainsi que par la réaction du 1-octène avec du phénol, suivie de la purification du produit par distillation sous vide. (TOXNET)

⁴⁰⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Propriétés

Les alkylphénols éthoxylés, dont les éthoxylates d'octylphénols sont des produits aux propriétés dispersantes, émulsifiantes et des agents mouillants. Ils sont utilisés en combinaison avec d'autres produits actifs dans des formulations commerciales, dans une très vaste gamme d'applications concernant différents secteurs industriels, en particulier comme agents mouillants dans des formulations de pesticides ou de peintures à l'eau. Ils sont toutefois moins utilisés que les nonylphénols. (Greenpeace, 2011)

La simple consultation d'un site d'industrie chimique spécialisée permet de constater que des gammes de produits à base de nonylphénol sont présentées pour de multiples applications : c'est le cas de la gamme Triton X™ de Dow⁴⁰⁹.

Utilisation

Le 4-tert-octylphénol est le seul isomère utilisé dans l'industrie. (Ag S-N, 2008)

Bien que le marché semble en régression, les octylphénols sont utilisés comme (Ag S-N, 2008) :

- intermédiaires de synthèse organique,
- peintures, laques, vernis, liants,
- encres d'imprimerie,
- adhésifs,
- isolants.

L'INERIS (2005) signale que d'après les enquêtes menées en France, et suite à des réglementations contraignantes dans les pays du nord, l'utilisation des alkylphénols en France était en voie de régression. Suite à une campagne de mesures récentes, Greenpeace signale toutefois que la fabrication et l'utilisation de ces produits est en pleine croissance en Chine, en particulier dans les activités du textile (dont les apprêts et impressions). (Greenpeace, 2011). Il est donc probable que les textiles et autres produits importés seront contaminés et susceptibles de relarguer ces substances lors de leur utilisation (lavage) ainsi qu'une fois arrivés au stade déchets.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- L'utilisation spécifique de l'octylphénol dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

Utilisation dans d'autres procédés industriels

Industrie de la chimie (RMC, 2010) :

- Intermédiaire chimique dans la synthèse d'éthoxylate octylphénolique pour produire :
 - des agents émulsifiants dans l'émulsion de polymères
 - dans la formulation de pesticides
 - émulsifiant dans la fabrication de peintures à base aqueuse

Industrie du caoutchouc

- Intermédiaire chimique dans la synthèse de résines phénoliques, utilisé comme agent adhérent dans le caoutchouc des pneumatiques (RMC, 2010)

⁴⁰⁹ <http://www.dow.com/surfactants/products/octyl1.htm>

Industrie du textile

- L'enquête récente (2010-2011) de Greenpeace identifie les fabricants de vêtements de sports comme utilisateurs affichés de molécules telles que les alkylphénols. Les données issues des cahiers de charges de différentes marques montrent que les niveaux d'alkylphénols (somme des NP, NPE, APE, OP) tolérés dans les produits finis sont de 1000 ppm (Greenpeace, 2011)

Industrie de l'imprimerie

- Intermédiaire chimique dans la synthèse de résines phénoliques utilisée dans les encres d'impression (représente 7 à 8% de la formulation des encres) (RMC, 2010)

Industries des polymères

- Intermédiaire dans la fabrication de résines phénoliques (98% de la consommation), agent d'émulsification dans l'émulsion de polymère

Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires

- Intermédiaire dans la fabrication d'éthoxylates octylphénoliques (2% de consommation); agent dans la fabrication de pesticides (RMC, 2010)

Chimie organique : oléfines (craquage), aromatiques, composés oxygénés, azotés, halogénés, sulfureux, phosphorés, organométalliques

- Intermédiaire chimique dans la fabrication d'éthoxylate d'octylphénol (2% de la consommation) une petite partie de ce produit sert dans la fabrication de sulfate d'éther. (RMC, 2010)
- Production accidentelle:
L'octylphénol est présent comme impureté dans la production commerciale de nonylphénol. Les proportions d'octylphénols, présentes dans du nonylphénol commercial, dépendent des impuretés d'octène présents lors de la fabrication du nonylphénol. Ces proportions sont en moyenne de l'ordre de 3 à 5%.

Autres secteurs

- Intermédiaire chimique dans la synthèse d'éthoxylate octylphénolique (2% de la consommation) pour produire :
 - des agents émulsifiants dans la fabrication de peintures à base aqueuse (RMC, 2010)
 - agents émulsifiants pour la fabrication de textile et cuir (RMC, 2010)
- intermédiaire chimique dans la synthèse de résines phénoliques (98% de la consommation) utilisés dans : (RMC, 2010) :
 - les vernis pour l'isolation électrique
 - l'industrie de la fonderie
 - comme enduit pour papier
 - dans les peintures pour l'industrie nautique
 - comme émulsifiants sur les plates-formes offshore
- Les octylphénols peuvent provenir de l'emploi de cette substance ou bien de l'emploi du nonylphénol commercial. Il est toutefois difficile de différencier la part des rejets de ce produit imputable dans chaque cas. Les rejets proviendraient principalement des industries de traitement de surface et de métallurgie, des industries de traitement de textiles, et des industries agro-alimentaires. (RMC, 2010)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Informations issues de la bibliographie Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence d'octylphénols dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, les octylphénols sont détectés dans plus de 10% des rejets (Pojer, 2008)

Données issues de la campagne RSDE-2 partielle

Remarque générale : toutes les conclusions portant sur l'intérêt des octylphénols pourront éventuellement être modifiées par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

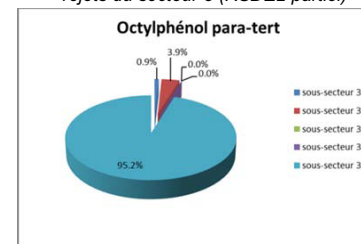
Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu :

- Pour le para-tert-octylphénol (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **32,7 g/j** (52 sites - 240 mesures - 1 flux supérieur au seuil surveillance - 1 flux supérieur au seuil réduction (sous-secteur 3.5))

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1 :** 8 sites (39 mesures - contributeur à **0,9%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,30 g/j**
- Sous-secteur 3.2 :** 35 sites (154 mesures - contributeur à **3,9%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **1,3 g/j**
- Sous-secteur 3.3 :** 3 sites (15 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4 :** 2 sites (8 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.5 :** 4 sites (24 mesures - contributeur à **95,2%** au flux du secteur 3) - 1 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **31,13 g/j**

Répartition des flux en para-tert-octylphénol dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le para-tert-octylphénol n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation⁴¹⁰ n'identifie pas ce composé individuellement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de para-tert-octylphénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

La présence d'un flux supérieur au seuil de surveillance et d'un flux supérieur au seuil de réduction (sous-secteur 3.5) pourrait cependant être prise en compte dans l'identification de substances d'intérêt.

Le para-tert-octylphénol n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets dans leur ensemble.

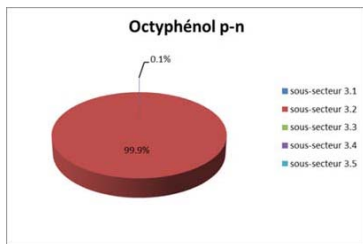
D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), **malgré le manque de représentativité des données** dû au fait que cette substance n'est pas analysée systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites, **la prise en compte de l'existence de rejets supérieurs aux seuils de réduction et de surveillance pourrait conduire à considérer le para-tert-octylphénol comme substance d'intérêt dans les rejets du secteur 3.5**, sans toutefois faire partie des 5 premières substances d'intérêt.

- **Pour le p-n-octylphénol (analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3)**, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **168,4 g/j** (141 sites - 727 mesures - 2 flux supérieurs au seuil surveillance - 2 flux supérieurs au seuil réduction (sous-secteur 3.2))

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 29 sites (153 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,10 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 87 sites (462 mesures - contributeur à **99,9%** au flux du secteur 3) - 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **168,25 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 5 sites (27 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 14 sites (16 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,05 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 14 sites (69 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**

Répartition des flux en p-n-octylphénol dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

⁴¹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Note : le p-n-octylphénol n'est analysé systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3. L'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation n'identifie pas ce composé spécifiquement. Les données ci-dessus, liées des situations particulières, ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de p-n-octylphénol de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

La présence de flux supérieurs aux seuils de surveillance et de réduction dans le sous-secteur 3.2 peut cependant être prise en compte dans la mise en évidence de substances d'intérêt.

Le p-n-octylphénol n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets dans leur ensemble.

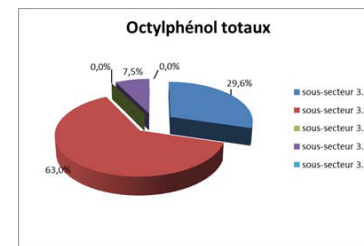
D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), **malgré le manque de représentativité des données** dû au fait que cette substance n'est pas analysée systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites, **la prise en compte de l'existence de rejets supérieurs aux seuils de réduction et de surveillance pourrait conduire à considérer le p-n-octylphénol comme substance d'intérêt dans les rejets du secteur 3.2**, sans toutefois faire partie des 5 premières substances d'intérêt.

- **Pour le paramètre "octylphénols totaux" (analysé systématiquement uniquement dans les rejets du sous-secteur 3.2)**, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **0,14 g/j** (33 sites - 135 mesures - 0 flux supérieur aux seuils surveillance et réduction).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- Sous-secteur 3.1** : 6 sites (26 mesures) - contributeur à **29,6%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,04 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 16 sites (69 mesures - contributeur à **63%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,09 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 6 sites (28 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 2 sites (8 mesures - contributeur à **7,5%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 2 sites (4 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Répartition des flux en "octylphénols totaux" dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Notes :

1. Les **octylphénols totaux** sont analysés de façon systématique uniquement dans les **rejets du sous-secteur 3.2**, et seulement, au cas par cas, dans les rejets des sous-secteurs 3.1 et 3.5 d'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation⁴¹¹. On remarquera cependant que le nombre de sites concernés est très faible par rapport au nombre total de sites du secteur 3 pour lesquels les données sont disponibles (209 sites). Les données ci-dessus ne semblent donc pas représentatives des flux d'octylphénols totaux pour l'ensemble des sous-secteurs.
2. On remarquera que **les informations recueillies avec le paramètre "octylphénols totaux" ne sont pas en accord avec celles disponibles pour les para-tert- et p-n-octylphénols** car pour le paramètre "totaux", les flux obtenus sont inférieurs et aucun dépassement de seuil n'est constaté. Il est peu probable que cet état de fait soit lié aux techniques analytiques, mais, plus probablement au fait que les sites concernés par les octylphénols ont analysés un isomère particulier à la place du paramètre global. Les informations concernant les octylphénols, telles qu'elles sont présentées dans les données partielles du RSDE-2 devraient être retravaillées pour permettre d'en tirer des conclusions plus précises.

Le paramètre "octylphénols totaux" n'est pas une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets.

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), malgré le fait que cette substance ne soit pas analysée systématiquement dans les rejets de l'ensemble des sites et donc que les données ne soient pas représentatives, compte-tenu du niveau des flux, le paramètre "octylphénols totaux" n'apparaît pas comme une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet.

Présence dans les rejets des stations d'épuration urbaines

En général, lorsque des alkylphénols éthoxylés (APE), (y compris des nonylphénols éthoxylés), sont rejetés dans les réseaux d'eaux usées domestiques, plusieurs transformations peuvent se produire. Les APE comprenant plus de huit groupes éthoxylés (soit la plupart des produits commerciaux courants) sont rapidement dégradés dans les réseaux de traitement des effluents avec une efficacité supérieure à 92%. En milieu aérobie et anaérobie, le mécanisme de biodégradation comprend la perte initiale de groupes éthoxy, ce qui donne lieu à la formation de nonylphénol-monoéthoxylé (NP1EO) et de nonylphénol-biéthoxylé (NP2EO) ainsi que de leurs dérivés carboxylés, le nonylphénol-monoéthoxy-carboxylé (NP1EC) et le nonylphénol-biéthoxy-carboxylé (NP2EC), ainsi que d'autres NPnEC comprenant plus de deux groupes éthoxy, des alkylphénols avec des groupes carboxyle sur les chaînes alkylées et éthoxylées (CAPEC) et des alkylphénols avec une chaîne alkyle carboxylée (CAPE) et finalement, le nonylphénol, produit final de dégradation. L'épuration des eaux usées occasionne donc une transformation chimique qui donne des composés plus persistants, toxiques et oestrogéniques que les nonylphénols éthoxylés mères. Des métabolites de structure analogue sont formés par la dégradation des octylphénols éthoxylés et d'autres alkylphénols éthoxylés dans les stations d'épuration des eaux usées domestiques. (Env. Canada, 2001)

En Allemagne, le 4-nonylphénol, le **4-t-octylphénol**, le bisphénol A et le 2-hydroxybiphényle ont été retrouvés dans les sédiments et les boues de STEP. La concentration totale de ces xéno-oestrogènes phénoliques (3675 mg/t MS) dans les boues était plus forte que dans les sédiments. (INERIS, 2006)

Les stations d'épuration urbaines, **et en particulier leurs boues** (jusqu'à 400 mg/kg), sont une source de rejet dans l'environnement. (Ag S-N, 2008)

⁴¹¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Présence dans l'environnement

Eau

La présence des alkylphénols (éthoxylés ou non) dans le milieu aquatique pose problème essentiellement du fait de leur activité oestrogénique à très faible concentration pour les organismes de l'environnement. (Greenpeace, 2011)

Présence dans les rejets urbains par temps de pluie (Bertrand-Krajewski, 2008)

En 2004, des campagnes de prélèvement de rejets urbains par temps de pluie ont permis de détecter les para-ter-octylphénols à des niveaux de l'ordre de 3 à 7 milligrammes par hectare de bassin versant actif.

Présence dans la pluie : Pays-Bas <0,08-0,28 µg/l (Ag S-N, 2008)

Présence dans les eaux douces : Seine (2003) : 0,006-0,6 µg/l (Ag S-N, 2008)

Présence dans les eaux souterraines : bassin Seine-Normandie <LD (0,1 µg/l) (Ag S-N, 2008)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles des nonylphénols dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs

19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 29* détergents contenant des subst. dangereuses
- 20 03 Autres déchets municipaux
 - 20 03 04 boues de fosses septiques
 - 20 03 06 déchets provenant du nettoyage des égouts

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Les principaux outils analytiques pour l'étude des alkylphénols sont la LC/MS et la GC/MS. Cette dernière méthode présente un spectre d'utilisation plus intéressant pour l'analyse du 4-nonylphénol et du 4-tert-octylphénol. Par conséquent, la GC/MS reste donc la méthode de référence pour le développement du dosage des alkylphénols. (INERIS, 2005-b)

DOSAGE DE L'OCTYLPHENOL DANS LES EAUX USEES (INERIS, 2005-b)

Note : Ce document détaille plusieurs méthodes de d'extraction, de purification et de détection dont certaines sont particulièrement sensibles, pour les eaux de rivières et résiduaires, les boues, et les sédiments. Seules les informations dédiées aux eaux résiduaires ont été retenues ici.

Prétraitement au laboratoire

Entraînement à la vapeur : Cette méthode d'extraction est actuellement parfois utilisée pour extraire le 4-NP de la matrice «eau de rejet». Cette technique d'extraction nécessite une étape de purification permettant d'isoler les NP des autres composés volatils et semi-volatils contenus dans l'échantillon étudié. Cette étape supplémentaire augmente le temps d'analyse et rend la méthode peu intéressante.

Extraction liquide/liquide : L'utilisation de l'extraction L/L est généralement limitée aux composés peu polaires (NP, OP). Certaines études ont montré que le meilleur solvant d'extraction pour les nonylphénols (NP), était le dichlorométhane (DCM) avec des rendements variant de 87 à 98%. L'emploi de la technique d'extraction L/L en continu (solvant DCM), permet d'atteindre des rendements d'extraction de l'ordre de 100 %, pour les nonylphénols. En raison de sa toxicité et de sa volatilité importante, l'utilisation du DCM est à éviter, et donc, d'autres solvants d'extraction ont été testés lors du développement de la norme ISO/DIS 18857-1 (hexane, cyclohexane, tert-butyl méthyl éther, acétate d'éthyle, toluène).

Avec un rendement d'extraction de 87%, le toluène a finalement été retenu comme solvant d'extraction pour l'analyse des alkylphénols.

Extraction sur phase solide : Contrairement à l'extraction L/L, l'extraction SPE ne nécessite que peu de solvant et peut être automatisée. Préalablement, l'échantillon doit être filtré sur un filtre en fibre de verre (porosité : 1,2 µm ou moins) dans le but d'éliminer la phase particulaire pour éviter les risques de colmatage des supports SPE.

Deux types sont principalement utilisés :

- le carbone graphitisé : ce type de cartouche permet de pré-concentrer les NP. L'élution est réalisée à l'aide d'un mélange dichlorométhane/méthanol 70/30 v/v.
- l'octadécylsilane C18 (ODS) : ce type de cartouche permet de pré-concentrer les nonylphénols et octylphénols. Avant l'extraction, 1g d'octadécylsilane est pré-conditionné par 5 ml d'acétonitrile, 5 ml de méthanol et 10 ml d'eau.

Analyse

L'analyse des alkylphénols peut s'effectuer par chromatographie en phase gazeuse. De par leur volatilité importante, aucune étape de dérivation n'est absolument nécessaire. Les colonnes utilisées sont essentiellement capillaires et greffées d'une phase stationnaire faiblement polaire (OV1 / DB5 / SE 54).

Détection

Détection par ionisation de flamme (FID) : dans la littérature récente, ce type de détecteur n'est pratiquement plus présenté pour les alkylphénols.

Détection par spectromètre de masse (MS) : la GC/MS permet l'analyse des octylphénols, nonylphénols et nonylphénols éthoxylés (NPnEO $1 \leq n \leq 3$). La GC/EI/MS est la méthode d'analyse la plus fréquemment utilisée pour l'analyse des alkylphénols.

Sensibilité dans les eaux résiduaires :

- LD = 0,5 µg/l

Interférences :

Matières en suspension : il est important de noter que l'élimination de la phase particulaire lors de la filtration préalable engendre la perte des composés qui s'y trouvent adsorbés (environ 20%).

DOSAGE DE L'OCTYLPHENOL DANS LES EAUX DOUCES (AQUAREF, 2010-d)

Mesure préalable : matières en suspension

Remarques :

- Du fait de leur caractère hydrophobe, les **octylphénols** sont préférentiellement présents dans les sédiments (log Kow>5), mais dans le cadre du programme de surveillance ils doivent être recherchés dans l'eau, la NQE étant fixée dans l'eau. Il n'existe à ce jour pas de NQE sédiment.
- Le n°CAS **108-26-4** correspond à l'**octylphénol linéaire en position para**, ou **n-octyl-4-phénol**. Cette substance est citée dans la directive.

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever

Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons

Ne pas rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever, les analytes peuvent adhérer.

Système de prélèvement en inox ou en verre

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage à l'acétone)

Bouchons en verre ou bouchons en plastique contenant une capsule en polymères fluorés prétraitée (rinçage acétone) ou feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8h)

Bannir les bouchons et les flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non-relargage de composés.

Prétraitement et transport

Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire

Acidifier à pH=2 en ajoutant de l'acide chlorhydrique.

Transporter dans une enceinte réfrigérée à $5 \pm 3^\circ\text{C}$ sous un délai de 24h.

Si la présence de chlore libre est suspectée, ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pour 1 litre d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.

Prétraitement au laboratoire

Remise à température ambiante en vue de l'analyse

Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse du 4-n-nonylphénol en effectuant plusieurs rinçages au solvant préconisé (acétone) afin d'éviter des valeurs de blancs élevées.

La verrerie utilisée au laboratoire doit être ambrée pour éviter les phénomènes de dégradation

Bannir l'utilisation de détergents.

Stockage et conservation

Stockage à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ à l'abri de la lumière

.Analyse à réaliser dans les 2 semaines maximum après prélèvement

Sensibilité :

- LQ atteignable avec un dosage en chromatographie en phase gazeuse / détection par spectromètre de masse (CG/SM)
- Le niveau NQE/3 est possible à atteindre

Interférences :

Matières en suspension : pour les substances organiques non volatiles l'analyse est réalisée sur l'eau brute. Dans le cas d'échantillons chargés en MEST (≥ 250 mg/l), réaliser l'analyse séparément sur phase dissoute et sur phase particulaire.

DOSAGE DES ALKYLPHENOLS DANS LES EAUX DE SURFACE (SETAC - Rosenblum L. & al, 2006)

Domaine d'application : La méthode s'adresse aux eaux destinées à la consommation humaine. Elle a été mise au point pour détecter l'ensemble des métabolites des alkylphénols (et éthoxylates) à des concentrations très faibles de façon à être en mesure d'évaluer l'efficacité des traitements de finition des eaux.

Extraction / préparation

La phase d'extraction se fait uniquement avec des matériaux en verre et en téflon pour éviter les sources de contamination liées aux nonylphénols potentiellement relargués par les matériaux en plastique.

Dosage

Méthode de dosage

Une méthode analytique utilisant l'extraction des C18 en phase solide (SPE) suivie d'une analyse chromatographique en phase liquide / spectrométrie de masse (LC/MS) a été développée pour les octylphénols (OP), nonylphénols (NP), nonylphénols mono-éthoxylates (NP1EO), nonylphénols diéthoxylates (NP2EO), octylphénols mono-éthoxylates (OP1EO), octylphénols diéthoxylates (OP2EO) et nonylphénoxy acide acétique (NP1EC).

La phase de séparation des OP1EO, OP2EO, NP1EO, et NP2EO est faite avec une colonne de chromatographie phényl ouverte usuelle. La séparation chromatographique élimine la suppression par ionisation des monoéthoxylates faiblement ionisés par les éthoxylates à plus longues chaînes, ce qui améliore la sensibilité des dosages pour les OP1EO et NP1EO.

La résolution des alkylphénols, y compris le NP1EC, est améliorée par la faible affinité de la colonne phényl pour les acides humiques

Limite de détection :

La LD instrumentale est inférieure ou égale à 20 pg sur la colonne, pour chacun des analytes recherchés.

Pour des échantillons de référence à 100 ng/l, le rendement se situe entre 75% et 110%.

La sensibilité de cette méthode est suffisante pour permettre la détection des alkylphénols dans des eaux de surface, des eaux potabilisables et eaux de distribution.

DOSAGE D'ALKYLPHENOLS DANS LES EAUX DE SURFACE (SETAC - Lee J & al., 2006)

Contexte : Une méthode de quantification rapide et simple a été mise au point pour plusieurs composés à effets oestrogéniques, dont, entre autres, les nonylphénols, le **4-octylphénol**, le 17 β -œstradiol, le 17 α -éthynylœstradiol, dans des eaux de rivière. L'article présente la méthode la plus performante.

Principe : Dosage des composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières par micro-extraction en phase liquide (LPME) sur membrane de fibres creuses (HF), après dérivation et chromatographie gazeuse-spectrométrie de masse.

Extraction / préparation

Une prise d'essai de 10 ml est extraite avec 5 µl d'un mélange toluène-dichlorométhane (50/50). La concentration de l'échantillon est optimisée en allongeant le temps d'extraction (30 min), en ajustant le pH des échantillons à 2, en centrifugeant l'échantillon (700 rpm), en ajoutant du NaCl à 30% au mélange toluène-dichlorométhane,

Dosage**Méthode de dosage**

A partir des 5 µl d'extraits en phase toluène-dichlorométhane obtenus, 3 µl sont injectés dans le GC, suivis de 2 µl de N-méthyl-N-(triméthylsilyl)trifluoroacétamide (MSTFA) pour dérivation.

Les substances sont quantifiées en 32 minutes, en spectrométrie de masse en mode sélection d'ions (SIM), avec une durée d'injection de 2 minutes.

Le coefficient de corrélation obtenu pour les composés ciblés est de 0,980 à 0,995 à des concentrations de 5 µg/l à 500 µg/l.

Pour des échantillons d'eau avec ajouts dosés de 50 µg/l, le coefficient de variation (n=6) de l'étape HF-LPME est de 1,40% à 16,55%.

Limite de détection :

La limite de détection pour chacun des analytes recherchés va de 0,5 à 5,0 ng/l.

La limite de quantification va de 2,5 à 10,0 ng/l.

Les résultats montrent que la microfiltration HF-LPME est une méthode de préparation des échantillons d'eau suffisamment simple et performante pour permettre la détection de composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières.

METHODES DE DOSAGE DANS LES EAUX**Norme NF EN ISO 18857-1 : Qualité de l'eau - Dosage d'alkylphénols sélectionnés - Partie 1 : méthode pour échantillons non filtrés par extraction en phase liquide-liquide et chromatographie en phase gazeuse avec détection sélective de masse. (2006)**

Domaine d'application : La norme s'adresse au 4-(1,1,3,3) tétraméthylbutylphénol (CAS 140-66-9) et au 4-nonylphénol (CAS 84852-15-3). Cette norme peut facilement s'adapter à l'octylphénol (CAS 1806-26-4).

Dosage : Analyse en spectrométrie de masse avec ionisation par impact électronique (IE) et en mode sélection d'ions (SIS ou SIM).

Sensibilité usuelle pour les octylphénols : LQ = 0,005 µg/l (donnée issue du domaine d'application de la norme)

La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3 (AQUAREF, 2010-d)

Norme NF EN ISO 18857-2 : Qualité de l'eau - Dosage d'alkylphénols sélectionnés - Partie 2 : dosage par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse d'alkylphénols, de leurs éthoxylates et de bisphénol A dans des échantillons non filtrés après extraction en phase solide et dérivation. (2009)

Domaine d'application : La norme s'adresse au 4-(1,1,3,3) tétraméthylbutylphénol (CAS 140-66-9), au 4-nonylphénol (CAS 84852-15-3) ainsi qu'à leurs monoéthoxylates et à leurs diéthoxylates, et au bisphénol A (CAS 80-05-7). Cette norme peut facilement s'adapter à l'octylphénol (CAS 1806-26-4).

Dosage : Analyse en spectrométrie de masse avec ionisation par impact électronique (IE) et en mode sélection d'ions (SIS ou SIM).

Sensibilité usuelle pour les octylphénols : LQ = 0,005 µg/l (donnée issue du domaine d'application de la norme)

La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3 (AQUAREF, 2010-d)

Norme ISO 24293 : Qualité de l'eau - Détermination des isomères individuels de nonylphénol - Méthode par extraction en phase solide (SPE) et chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/MS). (2009)

Domaine d'application : La norme s'adresse au 4-nonylphénol (CAS 25154-52-3 - NP1 à NP13). Cette norme peut facilement s'adapter à l'octylphénol (CAS 1806-26-4).

Dosage : Analyse en spectrométrie de masse avec ionisation par impact électronique (IE) et en mode sélection d'ions (SIS ou SIM).

Sensibilité usuelle pour les octylphénols : LQ = 0,001 µg/l (donnée issue du domaine d'application de la norme)

La méthode permet d'atteindre le niveau NQE/3 (AQUAREF, 2010-d)

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Au Canada, en 2001, la deuxième liste de substances d'intérêt prioritaire, se limitait au nonylphénol et à ses dérivés éthoxylés. Toutefois, les enquêtes des experts ont montré que le remplacement des NPE par des OPE peut accroître plutôt que réduire le risque pour l'environnement du fait d'effets oestrogéniques supérieurs. (Env. Canada, 2001)

Il faudrait faire preuve de prudence en ce qui concerne le remplacement possible du nonylphénol et des nonylphénols éthoxylés par d'autres alkylphénols éthoxylés comme l'octylphénol et les octylphénols éthoxylés car ils possèdent des propriétés physiques et chimiques semblables. Si leur utilisation comme produits de remplacement du NP et des NPE présente un intérêt potentiel, ces composés possèdent des priorités toxicologiques semblables, et leur pouvoir oestrogénique est plus important. Il est donc possible que le simple remplacement des nonylphénols et des nonylphénols éthoxylés par d'autres alkylphénols éthoxylés, et en particulier par les octylphénols éthoxylés ne réduise pas le risque pour l'environnement. (Env. Canada, 2001)

Greenpeace signale que, si la réduction de l'utilisation des alkylphénols est réellement effective dans les pays du Nord (USA, Canada), et en particulier dans les activités liées aux industries textiles, plusieurs producteurs de ces substances ont relocalisé leurs productions dans les pays du Sud pendant les vingt dernières années. (Greenpeace, 2011)

Produits de substitution

Industrie du caoutchouc

Remplacé par l'éthoxylate d'alcool : ce produit, déjà employé en remplaçant des éthoxylates de nonylphénol, peut également servir à remplacer les éthoxylates d'octylphénols. (RMC, 2010)

Tannerie

Il existe des produits de substitution pour les éthoxylates octylphénoliques qui ne seraient cependant pas aussi efficaces (BREF de la chimie inorganique et les engrais). (RMC, 2010)

Textile

Il existe des produits de substitution, leurs performances sont comparables, éventuellement légèrement moindres ce qui implique un léger surdosage des produits alternatifs par rapport à ceux contenant en particulier des éthoxylates de nonylphénol (BREF de la chimie inorganique et les engrais) (RMC, 2010)

Chimie organique: oléfines (craquage), aromatiques, composés oxygénés, azotés, halogénés, sulfureux, phosphorés, organométallique :

Remplacé par l'éthoxylate d'alcool : ce produit peut être employé en remplacement des éthoxylates de nonylphénol et également des éthoxylates d'octylphénols. (RMC, 2010)

Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires

Remplacé par l'éthoxylate d'alcool : ce produit peut être employé en remplacement des éthoxylates de nonylphénol et également des éthoxylates d'octylphénols. (RMC, 2010)

Industrielle des polymères

Remplacé par l'éthoxylate d'alcool : ce produit peut être employé en remplacement des éthoxylates de nonylphénol et également des éthoxylates d'octylphénols. (RMC, 2010)

Traitement par biodégradation microbienne

La dégradation bactérienne des agents tensio-actifs est la principale voie d'élimination de ces substances dans l'environnement. Dans les stations d'épurations, les microorganismes peuvent à la fois utiliser les tensio-actifs comme substrat énergétique et nutriment ou pour co-métaboliser d'autres surfactants. Ces réactions sont influencées par de nombreux paramètres physico-chimiques. Les alkylphénol éthoxylates sont annoncés comme "dégradables" en conditions aérobies et "partiellement dégradables" en conditions anaérobies. (Ying, 2006)

La biodégradation des alkylphénol éthoxylés dans les stations d'épuration débute par la réduction de la longueur de la chaîne éthoxylée jusqu'à atteindre un ou deux radicaux éthoxy. La dé-éthoxylation complète avec formation d'alkylphénols a été observée en conditions anaérobies. Les transformations ultérieures sont des oxydations de la chaîne éthoxylée et produisent principalement des acides alkylphénoxy-éthoxyacétiques et des acides alkylphénoxy-acétiques. Les trois métabolites majeurs sont les alkylphénols (nonyl et octylphénols), des alkylphénols éthoxylates à courtes chaînes (1 à 4 radicaux éthoxyl), avec une prédominance de AP2EO), et une série de composés carboxylés dont l'acide alkylphénoxy-acétique (APEC1) et l'acide alkylphénoxy-éthoxyacétique (APEC2). On détecte aussi des nonylphénols éthoxylés carboxylés (CAPEs). Des études ont montré que les métabolites des alkylphénols éthoxylés se dégradaient plus facilement en conditions aérobies qu'en conditions anaérobies. (Ying, 2006)

Traitement par les stations d'épurations urbaines

Même si les stations d'épurations urbaines ont été dimensionnées pour réduire principalement la DCO, la DBO₅ ou les MES contenues dans les eaux brutes, elles présentent également une grande efficacité d'élimination des substances à effets oestrogéniques, dans la plupart de cas supérieure à 90%, quel que soit le procédé de traitement. Dans le cas des alkylphénols, le taux d'élimination de la phase liquide est supérieur à 95%. Le potentiel de perturbation endocrinienne global à la sortie de la station d'épuration serait ainsi énormément diminué et par conséquent, le risque environnemental en partie contrôlé. (Castillo, L., et al., 2008)

Une étude portant sur 11 stations d'épuration d'eaux usées mettant en œuvre deux traitements secondaires (boues activées et filtration lente) ainsi que deux types de désinfectants (chloration et UV), a tenté de dégager les traitements les plus efficaces pour 52 substances émergentes. Parmi ces substances, le traitement aux UV est significativement plus efficace que la filtration pour le 4-nonylphenol monoéthoxylate et le 4-tert-octylphenol. (SETAC - Glassmeyer ST & al., 2006)

Efficacité de traitement par les stations d'épurations domestiques (Pojer, 2008) : Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, la fréquence de quantification du para-ter-octylphénol est d'environ 15%, en entrée comme en sortie de STEP.

Le **projet AMPERES** a montré que les **octylphénols** étaient détectés dans plus de 30% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. **Les projets AMPERES et ARMISTIQ** ont montré que le **4-ter-octylphénol** et le **4-ter-nonylphénol** étaient retrouvés dans plus de 70% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 1 à 10 mg/kg de boues. (Choubert, et al., 2011)

Traitement par adsorption sur charbon actif

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micro-polluants (taux d'élimination de 99%) (RMC, 2010)

Traitement à l'ozone

Il peut s'employer seul ou combiné avec le traitement par charbon actif. (RMC, 2010)

Selon les données disponibles depuis la base de données sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern) compilée par l'EPA (EPA, 2010), un taux d'enlèvement de 100% a été atteint sur un effluent industriel contenant du nonylphénol.

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique (Choubert, et al., 2011)

Selon le projet AMPERES des rendements supérieurs à 70% peuvent être obtenus pour les procédés de traitement secondaires suivants :

- Décantation primaire + boues activées moyenne charge
- Décantation primaire physico-chimique + bio filtre 1er étage
- Décantation primaire + boues activées moyenne charge + bio filtre 1er étage
- Décantation primaire + MBBR (procédés à culture fixée sur support mobile)
- Bioréacteur à membrane
- Décantation primaire + physico-chimique + bio filtre 2ème étage
- Décantation primaire + boues activées aération prolongée
- Filtre planté écoulement verticale
- Lit bactérien + filtre écoulement vertical
- Décantation primaire + lagune + filtre écoulement vertical

REFERENCES

Ag S-N Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie [Rapport] = Guide des substances toxiques / Agence de l'eau Seine-Normandie. - 2008. - p. 271 pages. - téléchargeable à : <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5327>. - ISBN 978-2-9523536-2-5.

AGRITOX AGRITOX [En ligne] // Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques. - mars 2009. - consulté en juil. 2011. - <http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/sa.php?sa=230#debut>.

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_general_e_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Octylphénol [En ligne] // AQUAREF. - 27 09 2010-d. - <http://www.aquaref.fr>.

Bertrand-Krajewski J.-L. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Les polluants prioritaires dans les eaux pluviales - ESPRIT // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

BREF de la chimie inorganique et les engrais [Ouvrage].

Castillo, L. et Trouvé, E. - Véolia Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Solutions techniques de traitement et perspectives pour les substances à risque dans les eaux usées // GRAIE / éd. Villeurbanne 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 -. - 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Choubert J.-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Env. Canada Liste des substances d'intérêt prioritaire - Rapport d'évaluation : Le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés [Ouvrage]. - 2001. - Environnement Canada - Santé Canada : p. 117 pages. - Loi Canadienne sur la protection de l'Environnement (1999).

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Extoxnet [En ligne] // The EXTension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

Feigenbrugel V. Devenir atmosphérique des pesticides : distribution entre les différentes phases de l'atmosphère et l'oxydation photochimique [Rapport] : Thèse de doctorat de Physique Chimie / Université Louis Pasteur de Strasbourg. - 2005. - p. 215 pages.

Greenpeace Dirty Laundry - Unravelling the corporate connections to toxic water pollution in China [Rapport] : Rapport sur la pollution de l'eau liée aux activités des industries textiles et du nettoyage - données de 2010 & 2011. - 2011. - p. 116 pages. - greenpeace.org.

INERIS 1,1,3,3-tétraméthylbutyl phénol [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2004. - mise à jour du 08/06/2004. - <http://www.ineris.fr/>. - Synthèse 5 pages - document très peu renseigné.

INERIS Etude de l'analyse des alkylphénols [Rapport] : Rapport Final / INERIS. - 2005-b. - p. 35 pages. - Document en ligne : <http://www.ineris.fr/centredoc/alkylphenols.pdf>. - Etude réalisée pour le Ministère de l'Environnement - convention n°CV04000107 - thème 1.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS Les substances dangereuses prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau - Fiches de données technico-économiques [Rapport] : Rapport d'étude - pour le compte du MEDD / Direction des Risques Chroniques - unité MECO ; INERIS. - 2005-a. - p. 267 pages. - Rapport final, janvier 2005. - Convention DE n°04000107 - thème n°5.

INERIS NONYLPHENOLS ET ETHOXYLATES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Nonylphénols et éthoxylates - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - mai 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 24 pages.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BL.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem octylphénol [En ligne] // PubChem Compounds. - NCBI, 2011. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=56370399&loc=es_rss#x27.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

SETAC - Glassmeyer ST & al. Comparison of the relative efficacy of secondary biological treatment and disinfection at removing emerging contaminants from wastewater [Conférence] = Ref. 274 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.

SETAC - Lee J & al. Determination of endocrine disrupting compounds in river water by using hollow fiber membrane liquid phase microextraction with injection port-derivatization gas chromatography-mass spectrometry [Conférence] = P48 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.

SETAC - Rosenblum L. & al Analysis of Alkylphenols and Alkylphenol Ethoxylates with separation of ethoxymers using reversed phase LC/MS [Conférence] = P39 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - University of Minnesota, 2012. - <http://umbbd.ethz.ch/index.html>.

Ying Guang-Guo Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment [Article] // Environment International / éd. Science-Direct. - [s.l.] : Elsevier, 2006. - Vol. 32. - pp. 417-431. - Article de synthèse bibliographique.

BUTYLETAINS CATIONS

DESCRIPTIF**Familles**

<u>Nom</u>	<u>Familles spécifiques</u>	<u>Familles génériques</u>
Monobutylétain	Antifongique	Composés organométalliques Organo-étains Organo-stanniques
Dibutylétain		
Tributylétain	Biocide antifouling Trialkyl organostannique	

<u>Nom</u>	<u>Synonyme et dénominations commerciales</u> ⁴¹²	<u>Formule</u>	<u>n° CAS</u>
Monobutylétain cation	- MBT - monobutyltin	 $(C_4H_9) Sn^{3+}$	78763-54-9
Dibutylétain cation	- DBT - di-n-butylétain - dibutyltin - c0581	 $(C_4H_9)_2 Sn^{2+}$	1002-53-5
Tributylétain cation	- TBT - bis(tributyltin)oxide - tributylstannane - tributyltin - Alumacoat - Bioclean - FloTin - Fungitrol - TinSan - Ultrafresh - Vikol	 $(C_4H_9)_3 Sn^+$	TBT cation : 36643-28-4 Composés du TBT : 688-73-3

Propriétés physico-chimiques :

	Monobutylétain	Dibutylétain	Tributylétain
Masse molaire g/mol	175,83 (d)	232,94 (d)	295,62 (a) 290,06 (d)
Solubilité dans l'eau (mg/l)			environ 4 mg/l à 20°C et pH 7,0 (a) entre 18 et 61,4 mg/l (f)
Pression de vapeur (mm Hg)			0,1 mPa à 20°C (a) 3,19 Pa (f)
Temps de ½ vie dans l'eau douce			sédiment : aérobie : 360 à 775 j (b) anaérobie : ≅ 10 ans (b)
Temps de ½ vie dans l'eau de mer			6 à 25 jours (a)
Log Kow	2,41 (e)		3,1 - 4,1 (f)
Koc (l/kg)	de 0,7 pour les mono- à 4,8 pour les tri-organoétains (c)		

(a) : (Extoxnet, 2012) (b) (INERIS, 2005-a) (c) (HSDB, 2009) (d) (UM, 2012)

(e) (PubChem, 2012) (f) (INERIS, 2012)

⁴¹² Liste non exhaustive

Réactions avec d'autres molécules ou conditions :

Le contact des composés organostanniques avec des oxydants forts peut être à l'origine d'explosions (HSDB, 2009)

Les composés organostanniques attaquent certains types de matières plastiques, gommages et revêtements. (HSDB, 2009)

A des pH supérieurs à 6, les composés organostanniques sont facilement oxydés et deviennent des agents réducteurs forts. (HSDB, 2009)

L'étain bivalent peut exister sous forme ionisée, mais les composés organostanniques sont covalents, et la forme ionisée (IV⁺) n'existe pas. (HSDB, 2009)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :**Monobutylétain :**

- β-hydroxybutylbutylétain, puis méthyl-éthyl-cétone, puis monobutylétain (UM, 2012)

Dibutylétain :

- β-hydroxybutylbutylétain, puis méthyl-éthyl-cétone, puis monobutylétain (UM, 2012)

Tributylétain :

- Etain
- β-hydroxybutylbutylétain, puis méthyl-éthyl-cétone, puis monobutylétain (UM, 2012)
- Les produits de dégradation du tributylétain dans l'environnement sont le dibutylétain (DBT) et le monobutylétain (MBT). (INERIS, 2005-a)

Impuretés :

La présence de **TBT** en tant qu'**impureté dans le MBT et le DBT** pourrait enfin être une source de rejets, faible en chiffres absolus, mais prenant de l'importance relative à l'horizon 2015 en raison de la décroissance des rejets liés à une utilisation directe du TBT. (INERIS, 2005)

Inversement, on trouvera du TBT comme impureté du BBT (HSDB, 2009)

Toxicité et écotoxicité :

	Monobutylétain	Dibutylétain	Tributylétain
NQE-MA ⁴¹³ (Dir. 2008/105/CE)	- -	- -	0,0002 µg/l
NQE-CMA ⁴¹⁴ (Dir. 2008/105/CE)	- -	- -	0,0015 µg/l
LQ circ 05/01/09	0,02 µg/l	0,02 µg/l	0,02 µg/l
Note : NQE / LQ			<u>incompatibles</u>
PNEC chronique eau douce :			2*10 ⁻⁷ mg/l (f) soit 0,0002 µg/l

(f) (INERIS, 2012)

⁴¹³ **NQE-MA** : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

⁴¹⁴ **NQE-CMA** : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

Occurrence du monobutylétain cation dans les rejets industriels des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés⁴¹⁵ du secteur 3 est de **3,27 g/j** (122 sites - 600 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le monobutylétain cation est analysé de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de monobutylétain cation dans chaque sous secteur, ni dans le secteur 3 dans son ensemble.

Compte-tenu de l'absence de flux supérieur aux seuils, et du manque de représentativité de ces données, **le monobutylétain cation ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.**

Occurrence du dibutylétain cation dans les rejets industriels des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **1,45 g/j** (115 sites - 563 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Substances d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le dibutylétain cation est analysé de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de dibutylétain cation dans chaque sous secteur, ni dans le secteur 3 dans son ensemble.

Compte-tenu de l'absence de flux supérieur aux seuils, et du manque de représentativité de ces données, **le dibutylétain cation ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.**

Occurrence du tributylétain cation dans les rejets industriels des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), pour les sites dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés du secteur 3 est de **0,03 g/j** (113 sites - 532 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le tributylétain cation est analysé de façon systématique dans aucun des rejets du secteur 3, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de tributylétain cation dans chaque sous secteur, ni dans le secteur 3 dans son ensemble.

Compte-tenu de l'absence de flux supérieur aux seuils, et du manque de représentativité de ces données, **le tributylétain cation ne peut pas être considéré comme substances d'intérêt pour le secteur 3.**

⁴¹⁵ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

Traitabilité⁴¹⁶

Traitement possible par **adsorption**.

Coagulation : Les effets de la coagulation sur des eaux usées contenant des composés de tributylétain sont performants. En effet des taux d'épuration supérieur à 90% sont atteints.

Biologique : Selon le projet AMPERES, un traitement secondaire par bioréacteur à membranes permettait d'atteindre des rendements supérieurs à 70%.

REGLEMENTATION**Réglementation européenne**

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC**⁴¹⁷ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁴¹⁸
 - Les composés du tributylétain cation sont des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
 - Le tributylétain cation et ses composés font partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau" ; ils sont identifiés en tant que "substances dangereuses prioritaires".
 - Le monobutylétain n'est pas concerné
 - Le dibutylétain n'est pas concerné
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁴¹⁹
 - Les mono-, di- et tributylétain ne sont pas concernés
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁴²⁰.
 - Le monobutylétain n'est pas concerné
 - Le dibutylétain cation en tant que tel n'est pas concerné
 - Le di-μ-oxo-di-nbutylstanniohydroxyborane hydrogénoborate de dibutylétain (n CAS 75113-37-0) est un composé du dibutylétain soumis à restriction (annexe XVII)
 - Le tributylétain n'est pas une substance soumise à restriction (il ne fait pas partie de l'annexe XVII)

⁴¹⁶ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

⁴¹⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁴¹⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁴¹⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁴²⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Tributylétain :

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Acute Tox. 3	H301	Toxique en cas d'ingestion
STOT RE 1	H372	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition répétée, cat.de danger 1, Risque avéré d'effets graves
Acute Tox. 4	H312	Nocif par contact cutané
Eye Irrit. 2	H319	Provoque une sévère irritation des yeux
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1

Dibutylétain :

- Le dibutylétain cation en tant que tel n'est pas concerné
- Plusieurs composés du dibutylétain sont classés en tant que substances dangereuses

Monobutylétain :

- Le monobutylétain ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁴²¹
 - Les mono-, di- et tributylétain ne sont pas concernés
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁴²² pour le tributylétain et ses composés (n°CAS 688-73-3), exprimé en tant que masse de tributylétain.
 - Annexe II : les mono- et dibutylétain cations en tant que tels ne sont pas concernés⁴²². Le seuil de rejet dans l'eau pour l'étain et ses composés (n°CAS 7440-31-5), exprimés en Sn est de 200 kg/an
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁴²³
 - Annexe 1 : les mono-, di- et tributylétain cations font partie des substances dangereuses à rechercher au cas par cas dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (italique)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique)
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,02 µg/L

⁴²¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁴²² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁴²³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Règlementation spécifique au tributylétain

- **La convention internationale sur les systèmes antisalissures (convention AFS) adoptée le 5 octobre 2001 par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) prévoit :**
 - l'interdiction d'application de composés organostanniques sur tous les navires, à partir du 1^{er} janvier 2003
 - l'élimination des composés organostanniques de tous les navires, à partir du 1^{er} janvier 2008 (à moins qu'un revêtement formant barrière empêche ces composés de s'échapper du système antisalissures non conforme sous-jacent).

Cette convention devait entrer en vigueur 12 mois après que 25 États représentant 25% du tonnage mondial de la marine marchande l'aient signée. Sept États étaient signataires au 31 janvier 2004 (près de 9% du tonnage mondial) (INERIS, 2005-a)
- **Le règlement n°782/2003 du Parlement européen et du Conseil du 14 avril 2003 relatif à l'interdiction des composés organostanniques sur les navires**
 - Interdit, à compter du 1^{er} juillet 2003, l'application ou la réapplication de revêtements contenant du tributylétain actif sur tous les navires autorisés à battre pavillon d'un État membre
 - Impose, à compter du 1^{er} juillet 2008, l'élimination de ces composés (sauf si un revêtement formant barrière empêche la fuite).
 - Pour les navires battant pavillon d'un État tiers, l'application des dispositions de ce règlement devrait être suspendue jusqu'à l'entrée en vigueur de la convention AFS.
 - **Il ne devrait pas non plus concerner les navires de guerre ou les autres navires d'État.**
- **La directive 2002/62/CE du 9 juillet 2002 portant 9^{ème} adaptation au progrès technique de l'annexe I de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses :**
 - Interdit de mettre sur le marché les composés organostanniques comme substances et composants de préparation destinés à être utilisés en tant que biocides dans des peintures à composants non liés chimiquement ;
 - interdit de mettre sur le marché ou d'utiliser les composés organostanniques comme substances et composants de préparation faisant fonction de biocides dans des produits antisalissures, sur les navires de toute longueur, les appareillages de pisciculture et conchyliculture, les appareillages totalement ou partiellement immergés.
- **Le décret n° 2003-879 du 8 septembre 2003 relatif aux paraffines chlorées à chaîne courte et aux composés organostanniques et modifiant le décret n°92-1074 du 2 octobre 1992 relatif à la mise sur le marché, à l'utilisation et à l'élimination de certaines substances et préparations dangereuses :**
 - Interdit de mettre sur le marché les composés organostanniques comme substances et composants de préparation destinés à être utilisés en tant que biocides dans des peintures à composants non liés chimiquement ;
 - Interdit de mettre sur le marché ou d'utiliser les composés organostanniques comme substances et composants de préparation faisant fonction de biocides dans des produits antisalissures.

Tous les navires sont concernés par ce décret sauf les navires de guerre ou navires auxiliaires de la Marine nationale. Cependant, la Marine nationale s'est engagée dans une démarche volontariste de diminution des apports en TBT et qu'en décembre 1994, elle a décidé de ne plus appliquer de peintures au tributylétain sur ses bâtiments de port et de rade (source : site Internet du ministère de la Défense). (INERIS, 2005-a)

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**Production naturelle**

Les composés organostanniques ne sont pas connus pour être des substances naturelles. (HSDB, 2009)

La présence de composés du méthylétain dans des environnements marins, des estuaires et des cours d'eaux non contaminés par ailleurs, semble résulter de procédés naturels de méthylation dans l'environnement. L'utilisation limitée et localisée de ces substances, par exemple comme agents de stabilisation du PVC ne suffit pas à expliquer leur présence. Il se peut aussi que le transport par voie aérienne soit à l'origine de la contamination de zones non exposées directement. (HSDB, 2009)

Production anthropique involontaire

Le TBT est une impureté dans le MBT et le DBT, ce qui pourrait être une source de rejets, faible en chiffres absolus, mais prenant de l'importance relative à l'horizon 2015 en raison de la décroissance des rejets liés à une utilisation directe. (INERIS, 2005)

Les produits de dégradation du tributylétain dans l'environnement sont le dibutylétain (DBT) et le monobutylétain (MBT). (INERIS, 2005)

Dans le milieu naturel, les sédiments d'eau douce constituent un réservoir de composés organostanniques qu'ils sont susceptibles de relarguer sous l'effet de perturbations (INERIS, 2005-a) (crues, dragages, travaux d'entretien...)

Comme l'utilisation des tri-organoétains, en tant que biocides ne représente qu'environ 30% de la production des organoétains, il est probable que d'autres applications soient à l'origine de la dispersion de ces composés dans l'environnement. (HSDB, 2009)

Les eaux usées urbaines peuvent présenter des concentrations élevées en mono- di- et tributylétain qui peuvent ensuite contaminer les eaux naturelles. Les mono-et di-butylétains peuvent provenir de la dégradation du tributylétain ou du relargage des conduites en PVC. On notera qu'environ 95% de la production mondiale de composés organostanniques sont des di-organoétains utilisés comme agents antioxydants dans la fabrication des plastiques (HSDB, 2009)

Des transformations biotiques et abiotiques de l'étain peuvent expliquer la présence de composés organostanniques dans des zones non contaminées. (HSDB, 2009)

PRODUCTION / UTILISATION

La France a été le premier pays au monde à réglementer l'usage du TBT (restrictions imposées dès 1981) à la suite d'une pollution de grande ampleur observée dans le bassin d'Arcachon. La réglementation toujours plus contraignante a entraîné la baisse du marché français du tributylétain. Si les informations recueillies ne permettent pas d'évaluer le marché actuel, on peut supposer qu'il est considérablement réduit. (INERIS, 2005-a)

Synthèse / Production

Le tributylétain (TBT) et ses composés ont pour formule chimique $(n-C_4H_9)_3 Sn-X$ où X est un anion ou un groupement anionique de charge unitaire. (INERIS, 2005-b)

Les principaux dérivés du tributylétain à usage industriel sont l'oxyde de tributylétain (TBTO), le benzoate de tributylétain (TBTB), le linoléate de tributylétain (TBTL), le méthacrylate de tributylétain (TBTM), le fluorure de tributylétain (TBTf), le chlorure de tributylétain (TBTCl), le phosphate de tributylétain et le naphthénate de tributylétain (TBTN). (INERIS, 2005-b)

La fabrication des composés organostanniques est généralement réalisée par l'alkylation de tétrachlorure d'étain ou par la réaction directe de l'étain avec des alkyls halogénés (HSDB, 2009)

Le MBT est produit par réaction de l'aniline, du disulfure de carbone et de soufre à pression et températures élevées, suivie d'une purification. (PubChem, 2012)

Utilisation générale

Actuellement (*la citation date de 1995*), les organoétains sont les composés organométalliques les plus largement utilisés (on évalue la production annuelle à 50 000 tonnes). Ils ont des propriétés antifongiques, bactéricides, algicides, et acaricides reconnues. Parallèlement, les tributylétains (mais aussi les dérivés triphénylétains, et tricyclohexylétains) présentent des toxicités élevées pour l'environnement. (Langenkamp, et al., 2001)

Les organoétains sont utilisés comme produits phytosanitaires et en général comme biocides dans une large gamme d'applications. (Langenkamp, et al., 2001)

Monobutylétain :

Le monobutylétain est utilisé principalement pour ses propriétés antifongiques. (PubChem, 2012)

Dibutylétain : Pas d'informations

Tributylétain :

Le tributylétain est un organostannique de la famille des trialkyls. C'est une des substances les plus actives utilisées comme biocides pour une large gamme d'organismes. Ses applications vont du traitement et de la préservation du bois aux peintures antifouling pour les coques des navires en passant par les traitements antifongiques des textiles et des eaux industrielles (tours de refroidissement, circuits d'eau des climatiseurs, pâtes et papiers, brasseries... Il est aussi utilisé pour contrôler le plathelminthe Schistosomia (agent de la bilharziose) dans diverses parties du monde. (Extoxnet, 2012)

Le tributylétain (TBT) a été très largement utilisée comme biocide dans les peintures "antifouling" pour la coque des navires et des matériels immergés et, dans une moindre mesure, comme produit de préservation du bois. Aujourd'hui, il est banni par tous les grands fabricants de peinture, mais des petits producteurs pourraient encore l'utiliser. (INERIS, 2005-a)

L'utilisation de peintures contenant des TBT est interdite dans l'union européenne et est en voie d'interdiction par l'Organisation maritime internationale. Son utilisation est donc en forte décroissance et, à terme, seuls certains emplois en tant que biocide dans des domaines particuliers pourraient subsister. (INERIS, 2005-a)

L'oxyde de bis-tributylétain (TBTO) n'est plus utilisé en France depuis 1980. (ANSES, 2010)

Le naphthénate de bis-tributylétain (TBTN) est utilisé en France depuis 1988. (ANSES, 2010)

Certaines utilisations historiques du TBT sont quasiment obsolètes : les peintures marines antisalissures (TBTf et TBTO) depuis le 1^{er} janvier 2008, et certains produits de préservation du bois (TBTO et TBTN) (INERIS, 2005-a)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Pas d'utilisation spécifique des butylétain cations en tant que tels dans les procédés des industries du déchet.

Autres secteurs industriels

- **Industrie de la Chimie**

- o Le TBT serait utilisé dans la synthèse de produits pharmaceutiques, la fabrication de certaines mousses polyuréthanes et de catalyseurs (pour la synthèse de polyuréthane ou de polyacrylate) (INERIS, 2005-a)
- o l'Agence Danoise de l'Environnement⁴²⁴ a mis en évidence des teneurs en TBT de l'ordre du mg/kg dans des produits de grande consommation en PVC. (INERIS, 2005-a)
- o D'autres composés organostanniques (MBT, DBT) sont bien connus pour être utilisés comme additifs dans le PVC (en particulier comme stabilisants). Ces TBT proviennent donc probablement d'impuretés dans ces composés. (INERIS, 2005-a)
- o Les MBT et DBT sont utilisés comme agents de protection du PVC contre la chaleur et la lumière (HSDB, 2009)
- o Les MBT et DBT sont de plus en plus utilisés comme catalyseurs d'estérification pour la fabrication de nombreux esters organiques utilisés comme plastifiants, lubrifiants et fluides caloporteurs (HSDB, 2009)

- **Ennoblement textile**

- o Utilisation possible de composés du TBT comme biocides dans le traitement des fibres textiles (INERIS, 2005-a)

- **Traitement des cuirs et peaux**

- o Le TBT peut être utilisé comme catalyseur (donc en très faibles quantités) dans la fabrication de produits chimiques pour le cuir (polyuréthane, polyacrylate) et se retrouver à l'état de traces dans ces produits (INERIS, 2005-a)

- **Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires**

- o Les composés du tributylétain sont présents en proportions variables dans les produits de traitements du bois, de 0,3% dans de nombreux produits commerciaux prêts à l'emploi d'usage courant, à 48% pour des produits à usage industriel. (Extoxnet, 2012)
- o Les composés du tributylétain sont utilisés dans le contrôle des escargots en particulier dans les pays tropicaux (HSDB, 2009)

⁴²⁴ (www.tinstabilizers.org)

- **Utilisations possibles du TBT**

- Utilisation possible des composés du TBT comme produit anti-moisissure dans l'industrie du papier, du cuir du textile et du bois (INERIS, 2005-a)
- Utilisation comme biocide dans les tours de réfrigération collectives et des centrales électriques, dans les circuits de climatisation en milieu hospitalier, etc. (INERIS, 2005-a)
- Utilisation comme répulsif pour rongeurs (INERIS, 2005-a)
- Utilisation comme antiparasitaire dans les brasseries (INERIS, 2005-a)
- Utilisation comme antiparasitaire dans la maçonnerie (INERIS, 2005-a)
- Utilisation comme biocide et antiparasitaire dans certains produits grands publics (oreillers anti-allergéniques, aérosols pour les pieds, ...) (INERIS, 2005-a)
- Les oxydes de tributylétain sont utilisés pour désinfecter les surfaces et les sols en agriculture, en milieu hospitalier et dans les installations sportives (HSDB, 2009)
- Les oxydes de tributylétain sont utilisés comme biocides pour traiter les fibres textiles naturelles (coton, laine), ainsi que dans les papiers et peintures pour les habitations résidentielles (HSDB, 2009)
- Suite à la directive 2002/62/CE qui interdit l'application de préparations au TBT sur les appareillages immergés, les secteurs qui les utilisent, comme l'aquaculture, ne seront plus source de TBT à l'horizon 2015 (INERIS, 2005-a)
- Utilisation du TBT en médecine vétérinaire comme antihelminthique pour la volaille (PubChem, 2012)

- **Utilisations possibles du MBT**

- Utilisation du MBT dans des onguents et lotions utilisées en médecine vétérinaire pour traiter de nombreuses dermatoses chez les chiens ainsi que les mammites des vaches (PubChem, 2012)
- Antifongique (PubChem, 2012)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

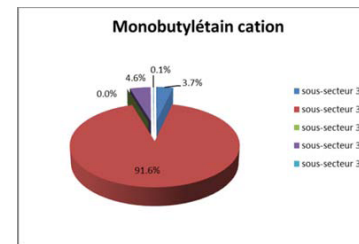
Monobutylétain cation

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de monobutylétain cation du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **3,27 g/j**, (122 sites - 600 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

- Sous-secteur 3.1** : 28 sites (147 mesures - contributeur à **3,7%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,11 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 69 sites (347 mesures- contributeur à **91,6%** au flux du secteur 3). 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **2,84 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 1 site (3 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 10 sites (40 mesures - contributeur à **4,6%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,14 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 13 sites (63 mesures - contributeur à **0,1%** au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Répartition des flux en monobutylétain cation dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

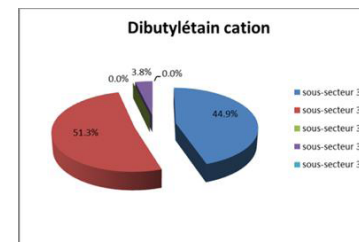
Dibutylétain cation

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de dibutylétain cation du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1,45 g/j** (115 sites - 563 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

- Sous-secteur 3.1** : 26 sites (136 mesures - contributeur à **44%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,66 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 65 sites (320 mesures - contributeur à **51,3%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,75 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 2 sites (9 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 10 sites (41 mesures - contributeur à **3,8%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,06 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 11 sites (57 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**

Répartition des flux en dibutylétain cation dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

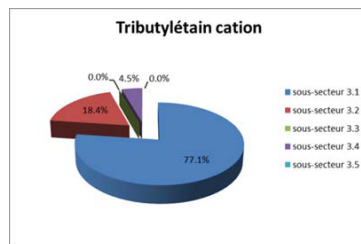
Tributylétain cation

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de tributylétain cation du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **0,03 g/j** (113 sites - 532 mesures - 0 flux supérieur aux seuils).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

- Sous-secteur 3.1** : 25 sites (126 mesures - contributeur à **77,1%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,02 g/j**
- Sous-secteur 3.2** : 66 sites (309 mesures - contributeur à **18,4%** au flux du secteur 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,01 g/j**
- Sous-secteur 3.3** : 1 site (3 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3) - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0 g/j**
- Sous-secteur 3.4** : 9 sites (39 mesures - contributeur à **4,5%** au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0,0136 g/j**
- Sous-secteur 3.5** : 11 sites (55 mesures - contributeur à **0%** au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **0g/j**

Répartition des flux en tributylétain cation dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



- | | | |
|---|------------------------------------|----------|
| 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD | 3.4 Lavage de citernes | 3.3 UIOM |
| 3.2 Installations de stockage DND | 3.5 Autres sites de traitement DND | |

Note : Les mono- di- et tributylétain cations ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.1, 3.2, 3.4 et 3.5. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des contributions respectives des flux de mono- di- et tributylétain cations de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Les mono- di- et tributylétain cations ne sont donc pas des substances d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Note : Cette conclusion pourra éventuellement être modifiée par l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages), ou si les analyses se généralisaient et devenaient représentatives.

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines :

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence composés du tributylétain dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, les **composés du tributylétain** sont détectés dans moins de 10% des rejets. En sortie de STEP, la fréquence de quantification du monobutylétain cation est d'environ 20% et celle du dibutylétain cation est d'environ 10%. (Pojer, 2008)

Le projet AMPERES a montré que le **tributylétain** était détectée dans environ 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. Le **mono-** et le **dibutylétain** ont été détectés dans 30 à 70% des rejets. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans l'environnement

Les composés organostanniques ne sont pas connus pour être des composés naturels. (HSDB, 2009)

À l'horizon 2015, la suppression des rejets exigée par la DCE semble possible, en raison du nombre très réduit d'acteurs encore concernés et de la disponibilité d'alternatives dont les prix devraient baisser. Des difficultés résiduelles pourraient uniquement subsister (du type anciens stocks de peintures, biocides importés, bateaux non entretenus, etc.). La présence de TBT en tant qu'impureté dans le MBT et le DBT pourrait enfin être une source de rejets, faible en chiffres absolus, mais prenant de l'importance relative à l'horizon 2015 en raison de la décroissance des rejets liés à une utilisation directe. (INERIS, 2005-a)

Lorsque des organoétains sont utilisés en tant que pesticides, ou encore avec l'utilisation de récipients en PVC, les organoétains peuvent entrer dans la chaîne alimentaire (HSDB, 2009), être excrétés et se retrouver dans les eaux usées.

Compartiment atmosphérique

La plupart des organoétains tels que les di- et tri-organoétains sont des substances ionisées qui sont présentes dans l'atmosphère sous forme particulaire, susceptibles de redéposition sèche ou humide. Aucune information n'est disponible sur leur sensibilité à la photolyse ou à d'autres réactions abiotiques dans l'atmosphère (HSDB, 2009)

Eau / sédiments

Dans l'eau de mer, le TBT se trouve à l'état dissous sous forme d'hydroxydes, de carbonates ou de chlorures ; il a peu d'affinité pour la phase particulaire : 5% seulement du TBT est associé aux matières en suspension. Les cinétiques d'adsorption sur les sédiments sont lentes et les taux de désorption non significatifs. En conséquence les échanges entre sédiments et eaux interstitielles sont très limités et la fraction susceptible d'être désorbée par agitation des sédiments est inférieure à 1%. (INERIS, 2005-a)

En eau douce, le tributylétain est très peu soluble et facilement adsorbable aux matières en suspension, particulièrement à la matière organique. Il sédimente avec elles. (Extoxnet, 2012)

Dans les eaux de lacs ou rivières, les caractéristiques du TBT, sont sensiblement différentes de celles observées en eau de mer : le TBT serait fortement adsorbé par les solides en suspension, provoquant de nombreuses contaminations des sédiments de rivières et de lacs. De fait, les concentrations de TBT mesurées dans les sédiments peuvent être jusqu'à 1 000 fois plus importantes (de l'ordre du mg/kg) que les concentrations de TBT mesurées dans la colonne d'eau (de l'ordre du µg/l). En eau douce, le temps de demi-vie du TBT est compris entre 360 et 775 jours dans les sédiments de surface ; il est de l'ordre de la dizaine d'années dans des conditions d'anaérobiose. (INERIS, 2005-a)

Les sédiments d'eau douce constituent un réservoir de composés organostanniques qu'ils sont susceptibles de relarguer sous l'effet d'une perturbation (INERIS, 2005-a), particulièrement lors de crues, d'opérations de dragages ou d'aménagement des cours d'eau.

Malgré la diminution des quantités utilisées en tant qu'antifouling, le TBT reste présent en général à de faibles concentrations (de l'ordre du µg/kg) dans les sédiments de fleuves et des côtes françaises. (INERIS, 2005-a)

Le TBT est dégradé dans les eaux par action microbiologique et photolytique. Sa durée de vie mesurée dans des conditions expérimentales va de quelques jours à quelques semaines alors que dans les sédiments il est beaucoup plus stable et peut persister pendant plusieurs années. (INERIS, 2005-a)

Le principal facteur limitant la persistance des composés organostanniques dans les écosystèmes aquatiques est la biodégradation, ainsi que la photodégradation. La ½ vie du tributylétain dans les eaux de surface est de l'ordre de plusieurs mois dans les conditions environnementales qui prévalent au Canada et au nord des Etats Unis. (HSDB, 2009)

Sols /sédiments

En conditions aérobies, le tributylétain est dégradé en 1 à 3 mois. En conditions anaérobies, le tributylétain persiste pendant plus de 2 ans. (Extoxnet, 2012)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du tributylétain dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible du tributylétain dans les déchets suivants :

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

SPECIATION DES COMPOSES ORGANOSTANNIQUES (Donard, et al., 2007)

Pour le prélèvement, l'utilisation de containers en PVC est à éviter car ceux-ci peuvent contenir du dibutylétain

Le couplage en chromatographie gazeuse permet de diminuer les effets de matrice par l'introduction dans le plasma d'espèces libérées de leur matrice. Le fait de travailler sous forme gazeuse permet d'assurer 100 % d'efficacité de transport jusqu'au plasma. La grande finesse des pics ainsi obtenus se traduit par d'excellentes limites de détection qui peuvent être inférieures au femtogramme. À titre d'exemples, le tableau suivant montre les limites de détection obtenues pour les composés organostanniques par divers couplages impliquant une séparation par GC

Exemples de limites de détection absolues des principales techniques de couplage en GC pour la spéciation des organostannés

Couplage	Limites de détection (pg Sn)
Chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie d'absorption atomique avec four en quartz (GC-QF-AAS)	20 à 90
Chromatographie en phase gazeuse - photométrie de flamme (GC-FPD)	0,2 à 5
Chromatographie en phase gazeuse - photométrie de flamme pulsée (GC-PFPD)	0,07 à 0,4
Chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie d'émission atomique (GC-AED)	0,02 à 1
Chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse à plasma induit (GC-ICP-MS)	0,015 à 0,08

EAUX - DOSAGE DU TRIBUTYLETAIN CATION (AQUAREF, 2009)**Prélèvements et conditionnement**

- Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever
- Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoir, louche, etc...) pour le remplissage des flacons
- Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire
- Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement
- Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement (afin d'éviter les contaminations croisées)
- Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Prétraitement et transport

- Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage à l'acétone).
- Bouchons en verre ou bouchons en plastique contenant une capsule en polymères fluorés prétraitée (rinçage acétone) ou une feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8H)
- Bannir bouchons et flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non-relarguage de composés
- Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C sous un délai de 24 H

Prétraitement au laboratoire

- Mesurer le taux de MES dans les 48 H, afin de sélectionner les normes adéquates et/ou travailler sur les 2 phases [filtrer sur filtre en fibres de verre (filtre en microfibre de verre) conditionné au préalable à 105°C et se rapprocher des normes sur les sédiments pour le traitement de la phase particulaire]
 - ✓ Cas 1 : Si extraction réalisable sous 24 H :
 - Aucun prétraitement au solvant.
 - ✓ Cas 2 : Si extraction non réalisable sous 24 H :
 - Ajouter du solvant
 - Réaliser l'extraction dans les 72 H.
- Nettoyage soigneux de la verrerie utilisée pour l'analyse : au solvant pour la verrerie jaugée et à 200°C pendant 12 H pour la verrerie non jaugée
- La verrerie utilisée au laboratoire doit être ambrée pour éviter les phénomènes de dégradation
- Remise à température ambiante en vue de l'analyse
- Des blancs de verrerie doivent être réalisés

Stockage et conservation

- Stockage à 4 ± 2 °C à l'abri de la lumière
- Analyse à réaliser dans les 7 jours après le prélèvement.
- Analyser rapidement : perte de stabilité des échantillons en 4 jours.

Sensibilité : NQ/3 atteignable : oui - en fonction de la méthode

- ✓ Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse avec plasma à couplage inductif (CG/ICP-MS) : NQE/3 atteignable (méthode MA-33 : www.aquaref.fr)
- ✓ Chromatographie en phase gazeuse/spectromètre de masse (CG/SM) : NQE/3 non atteignable
- ✓ Chromatographie en phase gazeuse/détection par photométrie de flamme (CG/DPF) : NQE/3 non atteignable
- ✓ Chromatographie en phase gazeuse/détection par émission atomique (CG/DEA) : NQE/3 non atteignable

AUTRES METHODES DE DOSAGE**NF EN ISO 17353 (2005) (Qualité de l'eau) Dosage de composés organostanniques sélectionnés - Méthode par chromatographie en phase gazeuse**

Extraction L/L à l'hexane ou 2- méthylpentane

- pour les échantillons aqueux dont le taux de matière en suspension est <1% : l'extraction se fera soit par SPE (extraction en phase solide), soit par ELL (extraction liquideliquide) ou soit par ELLC (extraction liquideliquide en continue).
- pour les échantillons aqueux dont le taux de matière en suspension est >1% : l'extraction se fera par SDS (montage soxhlet / Dean-Stark) sur une partie aliquote d'échantillon contenant 10 g de matière sèche.

Dosages :

- ✓ Méthode par chromatographie en phase gazeuse/spectromètre de masse (CG/SM),
- ✓ Méthode par chromatographie en phase gazeuse/détection par photométrie de flamme (CG/DPF),
- ✓ Méthode par chromatographie en phase gazeuse/détection par émission atomique (CG/DEA)

Diluer si nécessaire avec de l'eau pour atteindre le domaine de travail : 10 ng/L à 1000 ng/L. Dérivation: alkylation par le tétraéthyle borate de sodium, pH tamponné à 4,5 par de l'acid acétique glacial et/ou de l'hydroxyde de sodium.

Limites de quantification usuelles :

- ✓ 0,01 µg/l: (données issues des domaines d'application de la norme)
- ✓ 0,00541 µg/l à 0,006 µg/l (données INERIS obtenues lors de l'essai inter-laboratoires organostanniques de 2009 (INERIS-DRC-09-95687-0680B) ou obtenues selon approche 3 de la norme XPT 90-210)
- ✓ 0,0051 µg/l (estimée selon la norme NF T90-210 : validation statistique d'une limite de quantification présupposée)

AUTRES METHODES D'ANALYSES

Des méthodes d'analyse de l'étain et des composés organostanniques dans les eaux et diverses matrices, y compris des méthodes de spéciation, sont accessibles dans une base de données dédiée à la spéciation <http://www.speciation.net/Database/Links/all-about-tin.html>

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et changements de process****Peintures anti-salissures :**

Des gammes de produits de substitution sont aujourd'hui proposées par les fabricants : des polyacrylates de cuivre ou de zinc, de revêtements antiadhésifs à basse énergie de surface (élastomères de silicone, époxyfluorés), des biocides analogues à ceux qui sont émis par des organismes marins (éponges de mer, coraux, tuniciers), ou encore des polymères bactéricides (INERIS, 2005-a)

Note : Les biocides alternatifs présentent également des risques. La solution de long terme (revêtements sans biocide) existe mais son surcoût est élevé et, pour l'instant, elle n'a pu gagner quelques parts de marché que sur le segment des bateaux de loisirs. (INERIS, 2005-a)

Un tableau résumant les alternatives possibles au tributylétain, leurs avantages et leurs inconvénients est présenté dans le document (INERIS, 2005-a).

Industries du cuir

D'autres sels d'étains peuvent jouer le rôle de catalyseur (INERIS, 2005-a)

Traitement de effluents industriels par coagulation, floculation, décantation

Dans les eaux usées, le taux d'élimination du **TBT** et de ses composés sous influence de la coagulation est supérieur à 90%. (INERIS, 2005-a)

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement

biologique (Choubert, et al., 2011)

Traitement par bioréacteur à membrane

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du TBT, MBT et DBT, par bioréacteur à membrane est supérieur à 70%.

Traitements combinés

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du **dibutylétain** par décantation primaire suivie d'un traitement physico-chimique et d'un biofiltre était supérieur à 70%.

Le projet AMPERES a montré que les rendements d'élimination du **dibutylétain** et du **monobutylétain** étaient de 31 à 70% pour des traitements combinant décantation primaire et lagune ; lit bactérien et filtre écoulement vertical ; décantation primaire, lagune et filtre écoulement vertical.

Traitement par boues activées avec aération prolongée :

Les projets AMPERES et ARMISTIQU ont montré que le **tributylétain** était retrouvé dans 30% à 70% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 1 à 10 mg/kg de boues.

REFERENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_general_e_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

AQUAREF Substances de la Directive Cadre Eau - Tributylétain [En ligne] // AQUAREF. - 2009. - <http://www.aquaref.fr>.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Donard O. F-X. et Séby F. Détermination d'espèces chimiques d'éléments (spéciation) dans l'environnement [Revue] // Techniques de l'Ingénieur. - 10 décembre 2007. - Techniques d'analyse / Référence TI630. - p. 26. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/analyses-dans-l-environnement-42382210/determination-d-espèces-chimiques-d-éléments-speciation-dans-l-environnement-p3870/methodes-pour-l-analyse-de-speciation-p3870niv10002.html>. - Analyses dans l'environnement / Référence 42382210.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

HSDB Hazardous Substances Data Bank - Tin compounds [En ligne] // Toxnet. - 2009. - 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~5Vx4Eu:3>. - Mise à jour du 16/04/2009.

INERIS Les substances dangereuses prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau - Fiches de données technico-économiques [Rapport] : Rapport d'étude - pour le compte du MEDD / Direction des Risques Chroniques - unité MECO ; INERIS. - 2005-a. - p. 267 pages. - Rapport final, janvier 2005. - Convention DE n°04000107 - thème n°5.

INERIS Tributyl tin cation [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2012. - Mise à jour du 2 juillet 2012. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1827>. - 7 pages.

INERIS Tributylétain - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005-b. - version n°1 du 10 mai 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 18 pages. - DRC - MECO.

Langenkamp H. et Part P. Organic Contaminants in Sewage Sludge for Agricultural Use Project Coordination [En ligne] // European Commission Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability Soil and Waste Unit / éd. Europa.eu EC. - 2001. - Version du 18 octobre 2001. - Consultable en ligne : http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/organics_in_sludge.pdf.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

PubChem Dibutyltin [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2012. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=14709717>.

PubChem Monobutyltin [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2012. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=14709735#x27>.

PubChem Tributyltin [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2012. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?sid=14709493#x321>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

UM [En ligne] // UM-Biocatalysis / Biodegradation Database. - Universit of Minnesota, 2012. - <http://umbd.ethz.ch/index.html>.

DIPHENYLETHER POLYBROME
(47, 99, 100, 153, 154, 183, 209)
DONT LE PENTABROMODIPHENYLETHER

DESCRIPTIF**Synonymes**⁴²⁵

- BDE

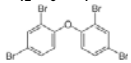
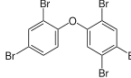
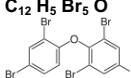
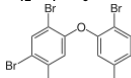
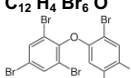
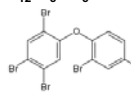
Formule semi-développée :**N° CAS : 32534-81-9****Métabolites :****Formule développée**

Familles :

PBDE**composés organo-bromés**
retardateurs de flamme
POP

Les Polybromodiphényléthers sont des mélanges commerciaux de différents congénères.

Le terme "Pentabromodiphényléther" sans autre précision se réfère aux seuls congénères 82 et 127.

<u>Nom</u>	<u>Synonyme</u>	<u>Formule</u>	<u>n° CAS</u>
	28		
2,2',4,4'-tetra-bromodiphényléther	BDE-47	$C_{12}H_6Br_4O$ 	
2,2',4,4',5-Pentabromodiphényléther	BDE-99	$C_{12}H_5Br_5O$ 	
2,2',4,4',6-penta-bromodiphényl ether	BDE-100	$C_{12}H_5Br_5O$ 	
2,2',4,4',5,5'-hexa-bromodiphényl ether	BDE-153	$C_{12}H_4Br_6O$ 	
2,2',4,4',5,6'-hexa-bromodiphényl ether	BDE-154	$C_{12}H_4Br_6O$ 	
Pentabromodiphényléther congénères 82 et 127 1,2,4-tribromo-5-(2,4-dibromophénoxy) benzène	PBDE 82 et 127 Penta BDE PeBDE PBDPO	$C_{12}H_5Br_5O$ 	32534-81-9
Octabromodiphényléther	PBDE Octa BDE		32536-52-0

⁴²⁵ Liste non exhaustive

Propriétés physico-chimiques :

congénères	28	47	99	100	153	154	PBDE 87	PBDE 127
Taille de la molécule								
Niveau d'oxydation								
Masse molaire g/mol							564,69	564,69
Solubilité dans l'eau							insoluble	insoluble
Pression de vapeur (mm Hg)								
Point éclair (°C)								
Temps de ½ vie dans le sol								
Temps de ½ vie dans l'eau								
C ^{ste} de Henry								
Log Kow								
Koc								

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- La désinfection des eaux usées avec l'ozone peut donner naissance à deux composés cancérigènes, le BrO₃⁻ et le TOBr (Belanger, juin 2010)
- Les PBDE sont fortement adsorbables sur les matrices solides (INERIS, 2006)

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures NQE-MA⁴²⁶ : 0,0005 µg/l (uniquement pour les penta-BDE : congénères 28,47, 99, 100,153 et 154)

NQE-CMA : sans objet (Dir. 2008/105/CE)

PNEC eau douce : - -

Limites de quantification pour chaque congénère :

congénères	BDE 47	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183	BDE 209
LQ circ 05/01/09	0,05 µg/l	0,05 µg/l	0,05 µg/l	0,05 µg/l	0,05 µg/l	0,05 µg/l	0,05 µg/l
NQE / LQ	non compatibles						

⁴²⁶ **NQE-MA** = valeur moyenne annuelle - **NQE-CMA** = concentration maximale admissible (Dir. 2008/105/CE)

Occurrence des PBDE dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :

Somme des flux moyens formatés⁴²⁷ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) :

Tétra-BDE-47 : 0 g/j (12 sites - 37 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Penta-BDE-99 : 0 g/j (13 sites - 42 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Penta-BDE-100 : 0 g/j (15 sites - 52 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Hexa-BDE-153 : 0 g/j (12 sites - 37 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Hexa-BDE-154 : 0 g/j (12 sites - 37 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Hepta-BDE-183 : 0 g/j (12 sites - 33 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

Déca-BDE-209 : 0,04 g/j (12 sites - 38 mesures - 0 flux supérieur aux seuils)

D'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation, **les diphényléthers polybromés (47, 99, 100, 153, 154, 183, 189) ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3**, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.4 et 3.5. Le nombre de sites concernés par ces mesures est trop faible pour être représentatif des contributions respectives des flux de PBDE de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Substances d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, **les diphényléthers polybromés ne peuvent pas être considérés comme substances d'intérêt pour le secteur 3**

Traitabilité⁴²⁸

Traitement par boues activées avec aération prolongée

Traitement par ozonation

⁴²⁷ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

⁴²⁸ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Substance prioritaire : Directive 2008/105/EC⁴²⁹ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁴³⁰**

- Les diphényléthers bromés font partie des substances prioritaires de l'annexe I, avec NQE
- Les diphényléthers bromés font partie de l'annexe II qui reprend l'annexe X de la directive 2000/60/CE "liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau" ; en particulier, les penta-bromodiphényléthers sont identifiés en tant que "substances dangereuses prioritaires"

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001^{431 432}**

- **Tétra-, et penta-bromodiphényléther sont proposés pour être intégrés à l'Annexe A** de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"

Des dérogations sont prévues pour le recyclage d'articles contenant ou susceptibles de contenir du tétrabromodiphényléther ou du pentabromodiphényléther, ainsi que l'utilisation et l'élimination définitive d'articles fabriqués à partir de matériaux recyclés contenant ou susceptibles de contenir du tétrabromodiphényléther ou du pentabromodiphényléther, pourvu que le recyclage et l'élimination définitive se fassent de manière écologiquement rationnelle et ne permettent pas de récupérer des substances à des fins de réutilisation (ou d'exportation)

Note : "tétrabromodiphényléther" et "pentabromodiphényléther" désignent le 2,2',4,4'-tétrabromodiphényléther (BDE-47, CAS n°40088-47-9) et le 2,2',4,4',5-pentabromodiphényléther (BDE-99, CAS n°32534-81-9) ainsi que les autres tétra- et pentabromodiphényléthers présents dans le pentabromodiphényléther commercial.

- **L'hexa- et l'hepta-bromodiphényléther sont proposés pour être intégrés à l'Annexe A** de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"

Des dérogations sont prévues pour le recyclage d'articles contenant ou susceptibles de contenir de l'hexabromodiphényléther ou de l'heptabromodiphényléther, ainsi que l'utilisation et l'élimination définitive d'articles fabriqués à partir de matériaux recyclés contenant ou susceptibles de contenir ces substances, pourvu que le recyclage et l'élimination définitive se fassent de manière écologiquement rationnelle et ne permettent pas de récupérer des substances à des fins de réutilisation (ou d'exportation)

- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁴³³**
 - Les diphényléther polybromés ne sont pas concernés

⁴²⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁴³⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁴³¹ <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

⁴³² <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/Reviewedchemicals/tabid/781/Default.aspx>

⁴³³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁴³⁴.

- Les dérivés pentabromés et octabromés du diphényléther font partie des substances soumises à restriction (annexe XVII). Ils ne peuvent être mis sur le marché ni employés en tant que substance ou constituant de préparations à des concentrations supérieures à 0,1% en masse. Les articles ne peuvent être mis sur le marché s'ils (ou des parties d'eux-mêmes agissant comme retardateurs de flammes) contiennent cette substance à des concentrations supérieures à 0,1% en masse.

- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Pour l'octabromo diphényléther :

Catégorie de danger :	Codes de danger :
Repr. 1B	H360 Df Peut nuire à la fertilité ou au fœtus

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**

- Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁴³⁵ pour les n° CAS : 32534-81-9 ; 32536-52-0 et 1163-19-5.

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁴³⁶**

- Annexe 1 : les diphényléthers polybromés font partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :

Le pentabromodiphényléther (BDE 99) :

3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux

Les diphényléther polybromés (BDE 47, 99, 100, 153, 154, 183,209) :

3.4 - Lavage de citernes (en italique)

3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (en italique)

- L'annexe 5 précise que "*l'analyse des diphényléthers polybromés (PBDE) n'est pas demandée dans l'eau, et sera à réaliser selon la norme ISO 22032 uniquement sur les MES dès que leur concentration est > à 50 mg/l*"
- L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,05 µg/l pour chacun des BDE 47, 99, 100, 153, 154, 183, et 209.

⁴³⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=ojl:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁴³⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁴³⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

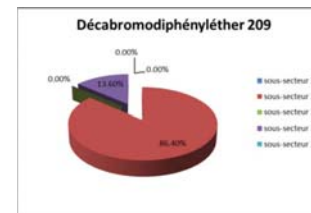
NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES**PRODUCTION / UTILISATION****PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT****Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), pour les sites du secteur 3 dont le calcul est retenu, la somme des flux moyens formatés :

- ✓ **du tétrabromodiphényléther (PBDE-47)** est de **0 g/j**, (12 sites, 37 mesures, 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1 : 7 sites (21 mesures)
 - Sous-secteur 3.2 : 1 site (5 mesures)
 - Sous-secteur 3.3 : 0 site
 - Sous-secteur 3.4 : 3 sites (7 mesures)
 - Sous-secteur 3.5 : 1 site (4 mesures)
- ✓ **du pentabromodiphényléther (PBDE-99)** est de **0 g/j**, (13 sites - 42 mesures, 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1 : 8 sites (26 mesures)
 - Sous-secteur 3.2 : 1 site (5 mesures)
 - Sous-secteur 3.3 : 0 site
 - Sous-secteur 3.4 : 3 sites (7 mesures)
 - Sous-secteur 3.5 : 1 site (4 mesures)
- ✓ **du pentabromodiphényléther (PBDE-100)** est de **0 g/j**, (15 sites - 52 mesures, 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1 : 9 sites (30 mesures)
 - Sous-secteur 3.2 : 2 site (11 mesures)
 - Sous-secteur 3.3 : 0 site
 - Sous-secteur 3.4 : 3 sites (7 mesures)
 - Sous-secteur 3.5 : 1 site (4 mesures)
- ✓ **de l'hexabromodiphényléther (PBDE-153)** est de **0 g/j**, (12 sites - 37 mesures, 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1 : 7 sites (21 mesures)
 - Sous-secteur 3.2 : 1 site (5 mesures)
 - Sous-secteur 3.3 : 0 site
 - Sous-secteur 3.4 : 3 sites (7 mesures)
 - Sous-secteur 3.5 : 1 site (4 mesures)

- ✓ **de l'hexabromodiphényléther (PBDE-154)** est de **0 g/j**, (12 sites - 37 mesures, 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1 : 7 sites (21 mesures)
 - Sous-secteur 3.2 : 1 site (5 mesures)
 - Sous-secteur 3.3 : 0 site
 - Sous-secteur 3.4 : 3 sites (7 mesures)
 - Sous-secteur 3.5 : 1 site (4 mesures)
- ✓ **de l'heptabromodiphényléther (PBDE-183)** est de **0 g/j**, (12 sites - 33 mesures, 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1 : 7 sites (21 mesures)
 - Sous-secteur 3.2 : 1 site (5 mesures)
 - Sous-secteur 3.3 : 0 site
 - Sous-secteur 3.4 : 3 sites (7 mesures)
 - Sous-secteur 3.5 : 1 site (4 mesures)
- ✓ **du décabromodiphényléther (PBDE-209)** est de **0,04 g/j**, (12 sites - 38 mesures, 0 flux > aux seuils) Les rejets se répartissent de la façon suivante :
 - Sous-secteur 3.1 : 7 sites (21 mesures) - contributeur à 0% au flux du sect. 3
 - Sous-secteur 3.2 : 1 site (5 mesures) contributeur à **86,4%** au flux du sect. 3 - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen: **0,031 g/j**
 - Sous-secteur 3.3 : 0 site
 - Sous-secteur 3.4 : 3 sites (7 mesures) contributeur à **13,6%** au flux du sect. 3 - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen : **0,0048 g/j**
 - Sous-secteur 3.5 : 1 site (4 mesures)- contributeur à 0% au flux du sect. 3

Répartition des flux en déca-BDE (PBDE-209) dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



D'après l'annexe 1 de la circulaire du 5 janvier 2009 relative à la mise en œuvre du RSDE-2 pour les ICPE soumises à autorisation, **les diphényléthers polybromés (47, 99, 100, 153, 154, 183, 189) ne sont analysés systématiquement dans aucun des rejets du secteur 3**, mais uniquement au cas par cas dans les rejets des sous-secteurs 3.4 et 3.5. Le nombre de sites concernés par ces mesures est trop faible pour être représentatif des contributions respectives des flux de PBDE de chaque sous-secteur au flux de l'ensemble du secteur 3.

Selon ces données, compte-tenu de leur manque de représentativité, et de l'absence de flux supérieurs aux seuils, **les diphényléthers polybromés ne peuvent pas être considérés comme substances d'intérêt pour le secteur 3**

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de diphényléthers polybromés dans les eaux de surface, y compris le pentabromodiphényléther. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, les PBDE sont détectés dans moins de 10% des rejets, essentiellement dans la phase particulière (Pojer, 2008)

Le projet AMPERES a montré que les PBDE étaient détectés dans les eaux résiduaires urbaines, mais à des fréquences et à des concentrations différentes suivant leur niveau d'halogénéation

- ✓ dans plus de 30% des rejets, et à des concentrations entre 0,001 et 0,1 µg/l pour l'hexa-BDE
- ✓ dans plus de 30% des rejets, et à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l pour le penta-BDE
- ✓ dans moins de 30% des rejets, et à des concentrations entre 0,1 et 1 µg/l pour le tétra-BDE
- ✓ dans environ 30% des rejets et à des concentrations entre 1 et 10 µg/l pour le déca-BDE
- ✓ dans moins de 30% des rejets, et à des concentrations entre 1 et 10 µg/l pour le tri-BDE
- ✓ l'octabromodiphényléther n'a jamais été détecté dans les rejets de STEP urbaines. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans l'environnement**Eau & sédiments**

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de PBDE dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le flux estimé en décabromodiphényléther est d'environ 1 kg/jour. (Pojer, 2008)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles des diphényléthers polybromés dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs**

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
16 01 04* véhicules hors d'usage
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**DOSAGE DANS LES EAUX DOUCES PAR BIOCAPTEURS A RECEPTEURS OESTROGENIQUES**

(Lagarde, et al., 2010)

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui entraînent des dérèglements hormonaux et des anomalies du système endocrinien, voire du système nerveux. Certains agissent sur la synthèse des hormones endogènes ou de leurs récepteurs. D'autres possèdent une structure voisine des œstrogènes et se lient à leurs récepteurs, conduisant à l'inactivation ou à un fonctionnement anormal de ces derniers.

Un grand nombre de molécules possèdent de tels effets, comme les hormones de synthèse ou des substances chimiques comme les phtalates, les surfactants, les PCB, les alkylphénols, les parabènes, les HAP, les dioxines et certains pesticides. À ce jour, 320 substances prioritaires susceptibles de perturber le système endocrinien ont été répertoriées par l'Union européenne. Certaines d'entre elles (nonylphénol, di-2-éthylhexylphtalate et les éthers diphényl-polybromés) ont été incluses dans la liste des substances prioritaires de la Directive-cadre sur l'eau. Une revue récente a été consacrée à l'utilisation des biocapteurs pour le suivi environnemental des perturbateurs endocriniens.

Les biocapteurs de toxicité exploitent les capacités de fixation de ces substances sur des récepteurs œstrogéniques immobilisés à la surface d'un transducteur. Le récepteur œstrogénique d'origine humaine est le plus souvent utilisé. Différents modes de transduction comme la fluorescence, la voltamétrie cyclique, la SPR, la mobilité électrophorétique, ont été proposés. Des systèmes portables, essentiellement basés sur une détection par SPR ont par ailleurs été développés. Récemment, un biocapteur comportant des nanotubes de carbones fonctionnalisés avec le récepteur œstrogénique humain de type α et utilisant un transistor à effet de champ comme transducteur a été proposé. Le temps de réponse est extrêmement rapide (2 min).

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement par ozonation (Belanger, juin 2010)**

Une des principales problématiques de la formation des sous produits de la désinfection avec l'ozone est sa réactivité avec les composés bromés et la formation possible de deux composés cancérigènes, le BrO_3^- et le TOBr (Zhang et al., 2007)⁴³⁷. Un dosage maximal de 2 mg/L de O_3 est suggéré afin de prévenir la formation des sous produits bromés

L'utilisation de procédés d'oxydation avancés, combinant plusieurs oxydants comme $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ par exemple, peut permettre de réduire la quantité d'ozone nécessaire à la désinfection et ainsi atténuer la formation des sous produits bromés.

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

Le rendement d'élimination du décabromodiphényléther par les boues activées avec aération prolongée est de 31 à 70%, et de plus de 70% pour les tri-, tétra- et penta- bromodiphényléthers. Le rendement n'est pas calculable pour les hexa- et octa-bromodiphényléthers.

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que dans 30 à 70% des cas, on retrouve le pentabromodiphényléther dans les boues, à des concentrations allant de 0,001 à 0,1 mg/kg de boues.

⁴³⁷ Zhang, H., Yamada, H. and Tsuno, H. (2007). Removal of endocrine-disrupting chemicals during ozonation of municipal sewage with brominated byproducts control. Environment Science and Technology, vol. 42, no 9, p. 3375-3380.

REFERENCES

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coillie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - <https://projetamperes.cemagref.fr/>. - Actes téléchargeables en ligne.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BLe.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

ARSENIC ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF - ARSENIC

Symbole : As

N° CAS : 7440-38-2

Famille : Métalloïdes

Propriétés physico-chimiques :

Niveau d'oxydation : -3, 0, +3, +5 arsénites (As III), arsénates (As V) (INERIS, 2011)

Masse molaire : 74,9216 g/mol (HSDB, 2000)

Solubilité dans l'eau : insoluble dans l'eau RMC, 2010)

Pression de vapeur : (HSDB, 2000)

7,5×10⁻³ mm Hg (280°C) 7,5×10⁻² mm Hg (323°C) 0,75 mm Hg (373°C)

7,5 mm Hg (433°C) 75 mm Hg (508°C) 750 mm Hg (601°C)

Temps de ½ vie dans le sol : sans objet (composé inorganique)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : sans objet (composé inorganique)

Dans les eaux, naturelles, l'arsenic inorganique est prédominant (INERIS, 2011)

Dans les eaux aérées, les arsénates sont majoritaires (INERIS, 2011)

En conditions réductrices, l'ion As³⁺ est en théorie la forme la plus stable (INERIS, 2011)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Certaines formes de l'arsenic peuvent être corrosives pour les métaux

Toxicité et écotoxicité :

NQE provisoire : "fond géochimique +4,2 µg/l" (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09⁴³⁸ = 5 µg/l (As & composés.)

Note : NQE / LQ limite

PNEC chronique eau douce : 0,0044 mgAs/L (INERIS, 2011) (soit 4,4 µg/l)

Note : L'arsenic inorganique présente des états d'oxydation différents mais il existe également sous différentes formes organiques dont les plus connues (en général présentes dans les tissus biologiques) sont les formes méthylées, l'arsénobétaïne, l'arsénocholine ou bien les sucres arséniés. (Donard, et al., 2007) Le niveau de toxicité est spécifique à chaque forme chimique de l'arsenic, les formes inorganiques étant le plus souvent significativement moins toxiques que les formes organiques.

Occurrence de l'arsenic dans les rejets des industries du secteur des déchets

(RSDE 2 - campagne en cours - données novembre 2011)

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés⁴³⁹ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1 488,6 g/j** soit 1,5 kg/j (186 sites - 999 mesures - 20 flux supérieurs au seuil surveillance, 6 supérieurs au seuil réduction).

Selon ces données, l'arsenic est une substance d'intérêt pour les sous secteurs 3.1, 3.2, et 3.5, mais aussi 3.3 bien qu'il ne fasse pas partie des analyses systématiques des rejets de ce sous-secteur et que les données disponibles ne soient donc pas représentatives pour cette substance.

Traitabilité - résumé⁴⁴⁰

L'arsenic est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible d'être détruite par un traitement.

Dans les effluents, l'arsenic peut être éliminé par adsorption ou par précipitation - dans ce cas, l'arsenic est intégralement transféré dans les boues. Un traitement complémentaire (filtration membranaire, résine échangeuse d'ions ou filtre à sable par exemple) peut être nécessaire pour atteindre les objectifs de la DCE de 42 µg/l.

Des traitements complémentaires biologiques tels la rhizofiltration ou la phytoextraction sont signalés.

Pour certains métalloïdes, comme l'arsenic, l'adsorption sur des oxydes-hydroxydes métalliques se développe.

⁴³⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁴³⁹ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

⁴⁴⁰ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

DESCRIPTIF - COMPOSES DE L'ARSENIC			
Nom	synonymes	Formule	n° CAS
Arsenic (V) cation		AsH ₆ ⁵⁺	17428-41-0
Arsénite	(+III)	As O ₃ ³⁻	
Trioxyde d'arsenic	anhydride arsénieux (+III) oxyde d'arsenic oxyde arsénieux acide arsénieux	As ₂ O ₃	1327-53-3
Pentaoxyde d'arsenic	pentaoxyde de diarsenic		1303-28-2
Acide arsenique et ses sels	acide ortho arsénique (+V)	H ₃ AsO ₄	10048-95-0
Acide arsénieux	(+III)	As (OH) ₃	
Arséniate de potassium	sel de Macquer	AsH ₂ KOH	7784-41-0
Arsénite de sodium	(+III)	AsO ₂ Na ⁺	
Arsénate	(+V)	AsO ₄ ³⁻ AsO ₄ HNa ₂	
Arséniate de sodium	arséniate de sodium acide	AsO ₄ Na ₂ H	7778-43-0
Arséniate de plomb	arséniate de plomb acide hydrogéoarsénate de Pb	AsO ₄ PbH	7784-40-9
Arséniate de calcium	tricalcium diarsorate	As ₂ Ca ₃ O ₈	7778-44-1
Arséniate de cuivre		H ₃ AsO ₄	
Telluride d'arsenic (III)		As ₂ Te ₃	12044-54-1
Trichlorure d'arsenic	trichloroarsine (+III)	AsCl ₃	7784-34-1 60646-36-8
Pentachlorure d'arsenic	(+V)	As Cl ₅	
Triséléniure d'arsenic	triséléniure de diarsenic	As ₂ Se ₃	113228-99-2
Orpiment	trisulfure d'arsenic	As ₂ S ₃	12255-89-9
Disulfure d'arsenic	sulfure d'arsenic	AsH S	12044-79-0 1303-32-8
Trihydrure d'arsenic	arsine (-III)	AsH ₃	10048-95-0
Tribromure d'arsenic	tribromoarsine bromure d'arsenic bromure arsénieux	AsBr ₃	7784-33-0
Triodure d'arsenic	iodure d'arsenic (III) triiodoarsine	As I ₃	7784-45-4
Trifluorure d'arsenic	(+III)	As F ₃	7784-35-2
Pentafluorure d'arsenic	(+V)	AsF ₅	7784-36-3 73728-19-5
Hexafluorure d'arsenic (V)			16973-45-8 12005-86-6
Acide monométhylarsénique	MMA (+V)	CH ₃ AsO(OH) ₂	
Acide diméthylarsinique	acide cacodylique DMA (+V)	(CH ₃) ₂ AsO(OH)	
Oxyde de triméthylarsine	TMAO (+V)	As O (CH ₃) ₃	
Triméthylarsine	TMA (+III)	As (CH ₃) ₃	
Arsénobétaïne	(+IV)		
Arsenic-diiodo méthane			7207-97-8
Bromotriphényl arsenic			20265-25-2
Ethyl triphényl arsenic			5424-24-8
Benzyl triphényl arsenic			7516-59-8
Méthoxycarbonylméthyl-triphényl-arsenic			1529-78-8
Tetrakis-(3-aminophényl) arsenic			7146-42-1
Acide arsenic, sel d'aniline		C ₁₈ H ₂₄ AsN ₃ O ₄	63957-41-5
Arsenic diméthylthiocarbamate	TDDA TTCA	C ₉ H ₁₈ AsN ₃ S ₆	3586-60-5

L'arsenic pouvant se combiner avec la plupart des éléments du tableau de Mendeleïev, et avec de très nombreuses molécules organiques complexes, cette liste n'est pas exhaustive.

Propriétés physico-chimiques :

	n° CAS	Masse molaire (g/mol)	Solubilité dans l'eau	Pression de vapeur
Trioxyde d'A	1327-53-3	197,84 (INERIS, 2011)	1,8x10 ⁻¹ mg/l (INERIS, 2011) 1,7x10 ⁻¹ - 16°C (PubChem, 2011)	2,47 10 ⁻⁴ mmHg 25°C (PubChem, 2011)
Pentaoxyde d'As	1303-28-2	229,84 (INERIS, 2011)	1,5x10 ⁰ - 16°C (INERIS, 2011)	pas de données (INERIS, 2011)
Arséniate de K	7784-41-0	180,34 (INERIS, 2011)		
Arséniate de Na	7778-43-0	185,9 (INERIS, 2011)	pas de données (INERIS, 2011)	pas de données (INERIS, 2011)
Arséniate de Pb	7784-40-9	347,12 (PubChem, 2011)	insoluble (PubChem, 2011)	
Arséniate de calcium	7778-44-1	398,072 (PubChem, 2011)	0,13 g/L 25°C (PubChem, 2011)	0 mmHg 20°C (PubChem, 2011)
Arséniate de cuivre		468,4764 (PubChem, 2011)		
Telluride d'arsenic	12044-54-1	532,6432 (PubChem, 2011)		
Trichlorure d'arsenic	7784-34-1	181,28 (PubChem, 2011)	1 mol/9 mol d'eau (PubChem, 2011)	10 mm Hg 23,5°C (PubChem, 2011)
Orpiment	12255-89-9	246,041 (PubChem, 2011)	0,5 mg/l 18°C (PubChem, 2011)	
Sulfure d'arsenic	12044-79-0 1303-32-8	107,994 (PubChem, 2011)		
Iodure d'arsenic	7784-45-4	455,635 (PubChem, 2011)	60 g/L 25°C (PubChem, 2011)	
Bromure d'arsenic	7784-33-0	314,634 (PubChem, 2011)		1 mm Hg 41,8°C (PubChem, 2011)
Sulfure d'arsenic		386,723 (PubChem, 2011)		
Arséniate d'aniline	63957-41-5	421,32 (PubChem, 2011)		
Arsenic diméthylthiocarbamate	3586-60-5	435,57 (PubChem, 2011)		

Note : la solubilité des composés de l'arsenic est assez variable, certains étant très solubles, d'autres quasiment insolubles. Globalement, la solubilité des dérivés pentavalents de l'arsenic serait supérieure à celle des dérivés trivalents. (INERIS, 2011)

Réactions spécifiques avec d'autres molécules ou conditions

Dans le milieu aquatique, les facteurs physico-chimiques (pH, potentiel d'oxydo-réduction (Eh), taux de phosphate, fer, sulfure, température...) affectent la capacité d'adsorption de l'arsenic sur les sédiments. De plus, l'activité microbiologique est responsable de la dissolution de certains hydroxydes, l'arsenic des sédiments est ainsi relargué dans l'eau. Dans les eaux naturelles, l'arsenic inorganique est prédominant. Dans les eaux bien aérées (eaux de surface notamment), les arsénates sont largement majoritaires (H_2AsO_4 et $HAsO_4^{2-}$). En conditions réductrices, H_3AsO_3 (As III) est en théorie la forme la plus stable.

Dans les eaux souterraines, l'arséniate serait la forme prédominante, mais l'arsénite peut être un composé important. Les composés arséniés organiques (le MMA, acide monométhylarsénique $CH_3AsO(OH)_2$, le DMA, acide diméthylarsinique $(CH_3)_2AsO(OH)$, le TMAO, oxyde de triméthylarsine $(CH_3)_3AsO$) sont présents dans les eaux naturelles (douces ou salines) et dans les sédiments. Ils peuvent provenir de la méthylation de l'arsenic minéral par les algues ou par la dégradation microbienne des composés organiques complexés. (INERIS, 2011)

Dans les sols, la mobilité de l'arsenic est assez limitée (adsorption sur l'argile, les hydroxydes et la matière organique). Néanmoins, As III est reconnu comme étant plus mobile que As V. Dans les sols, selon le niveau du potentiel d'oxydoréduction et du pH, l'arsenic sera préférentiellement au degré d'oxydation III ou V, l'activité microbiologique pouvant conduire à une méthylation ou déméthylation des composés de l'arsenic ou même à des réactions d'oxydoréduction dans certains cas. La présence de minéraux d'argile, d'oxyde de fer et d'aluminium et la matière organique du sol peuvent également influencer la solubilité des composés et le niveau d'oxydoréduction.

Dans les sols, l'arsenic existe principalement sous forme oxydée : arséniate AsO_4^{3-} ou arsénite AsO_3^{3-} . La forme arséniate (degré d'oxydoréduction V) est majoritaire dans des conditions d'aération normale. Quand les conditions du sol deviennent réductrices (sol inondé), l'arséniate peut être transformé en arsénite (degré d'oxydoréduction III). En situation d'anoxie maximale, la réduction peut aller jusqu'à la formation d'arsine (AsH_3). Principalement en conditions réductrices, des bactéries méthanogènes peuvent conduire à la formation de composés organo-arséniés. Ces bactéries peuvent aussi conduire à la formation de composés méthylés (MMA, DMA, TMAO et TMA) qui ont été détectés dans les sols. Ces composés peuvent également provenir de l'utilisation de pesticides et fertilisants. Dans les sols oxydants, As V est retenu par sorption ou précipitation avec l'argile, l'humus, les hydroxydes de fer, de manganèse et d'aluminium. Dans les zones réductrices, As III peut être précipité, par exemple, sous forme d' As_2S_3 , en présence de sulfures. (INERIS, 2011)

Le trioxyde d'arsenic peut être corrosif vis-à-vis des métaux en présence d'humidité (PubChem, 2011)

Le trichlorure d'arsenic est corrosif pour les métaux (PubChem, 2011)

L'arséniate de calcium présente une légère action corrosive sur les métaux (PubChem, 2011)

REGLEMENTATION

- **DCE** : Substance dangereuse prioritaire (directive 2008/105/EC)⁴⁴¹
 - L'arsenic (et composés) n'est pas une substance prioritaire selon la DCE.
- L'arsenic et ses composés ne font pas partie de la liste des **substances PBT** (INERIS, 2011)
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁴⁴²
 - L'arsenic et ses composés ne sont pas mentionnés dans ce texte
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation** (ECHA) :
 - L'arsenic et ses composés ne font pas partie de la liste de substances candidates pour être SVHC⁴⁴³ 06/03/2010
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances**⁴⁴⁴:
 - Annexe XVII : Composés de l'arsenic - restrictions d'utilisation - les déchets de bois traités doivent être traités comme des déchets dangereux par une entreprise agréée
 - Annexe XVII : les composés de l'arsenic ne peuvent être utilisés comme substances et composants de préparations destinées à être utilisées pour le traitement des eaux industrielles, indépendamment de leur utilisation.
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE**⁴⁴⁵

	Catégorie de danger :	Codes danger	Dangers
Arsenic	Acute Tox. 3	H331	Toxicité aiguë par inhalation, cat. de danger 3
	Acute Tox. 3	H301	Toxicité aiguë par voie orale, cat. de danger 3
	Aquatic acute 1	H400	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic chronic 1	H410	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Composés de l'arsenic	Acute Tox. 3	H331	Toxicité aiguë par inhalation, cat. de danger 3
	Acute Tox. 3	H301	Toxicité aiguë par voie orale, cat. de danger 3
	Aquatic acute 1	H400	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic chronic 1	H410	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Trioxyde d'As Dioxyde d'As	Carc. 1A	H350	Cancérogénicité, cat. de danger 1A
	Acute Tox. 2	H300	Toxicité aiguë par voie orale, cat. de danger 2
	Skin Corr. 1B	H314	Corrosif/irritant pour la peau, cat. de danger 1B
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1

⁴⁴¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁴⁴² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁴⁴³ http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf

⁴⁴⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁴⁴⁵ <http://www.ineris.fr/gesdoc/aida/file/text7075.pdf>

suite du tableau	Catégorie de danger :	Codes danger	Dangers
Pentaoxyde de diarsenic Pentaoxyde d'As Oxyde d'As	Carc. 1A	H350	Cancérogénicité, cat. de danger 1A
	Acute Tox. 3	H331	Toxicité aiguë par inhalation, cat. de danger 3
	Acute Tox. 3	H301	Toxicité aiguë par voie orale, cat. de danger 3
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Acide d'As et sels	Carc. 1A	H350	Cancérogénicité, cat. de danger 1A
	Acute Tox. 3	H331	Toxicité aiguë par inhalation, cat. de danger 3
	Acute Tox. 3	H301	Toxicité aiguë par voie orale, cat. de danger 3
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Trihydrure d'As (arsine)	Flam. Gas 1	H220	Gaz inflammables, cat. de danger 1
	Acute Tox. 2 (*)	H330	Toxicité aiguë par inhalation, cat. de danger 2
	STOT RE 2 (*)	H373	Tox. spéc. organes cibles - Expo. répétée, cat. danger 2
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Tert-butylarsine	Pyr. Liq. 1	H250	Liquides pyrophoriques, cat. de danger 1
	Acute Tox. 2 (*)	H330	Toxicité aiguë par inhalation, cat. de danger 2

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001** ⁴⁴⁶
 - L'arsenic et ses composés ne sont pas concernés par ce texte
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 5 kg/an ⁴⁴⁷
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation** ⁴⁴⁸
 - Annexe 1 : l'arsenic fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (**As & composés**)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (**As**)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (en italique - As & ses composés)
 - 3.4 - Lavage de citernes (en italique - As & ses composés)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (**As**)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 5 µg/L (As & composés)

⁴⁴⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁴⁴⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁴⁴⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

- **Arrêté du 21/11/2010 (remplaçant l'arrêté du 07/12/07) établissant la liste des substances prioritaires ainsi que la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** ⁴⁴⁹ :
 - l'arsenic et ses composés ne font pas partie de la liste des substances prioritaires (annexe I)
 - l'arsenic et ses composés ne font pas partie de la liste des substances de l'annexe II (liste des substances figurant dans chaque catégorie mentionnée au I de l'article R 213-48-13 du code de l'environnement et concernées par la redevance pour pollutions diffuses visée à l'article L 213-10-8 du même code) :
 - toxiques ou très toxiques
 - CMR 1, 2 ou 3
 - dangereuses pour l'environnement
- **Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE** ⁴⁵⁰
 - L'arsenic et ses composés ne font pas partie de la liste des substances prioritaires de l'annexe I

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

L'arsenic est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

L'activité bactérienne, les conditions de pH et d'oxydo-réduction sont susceptibles de faire évoluer la spéciation de l'arsenic et donc sa dangerosité.

PRODUCTION / UTILISATION

Synthèse / production

L'arsenic est un élément naturel, on le trouve en particulier dans les roches, celles-ci renfermant plus de 99% de l'arsenic présent dans la croûte terrestre sous forme de minerais. La majeure partie de l'arsenic atmosphérique d'origine anthropique provient des fumées émanant des industries de production d'As₂O₃ et de la combustion de produits fossiles (charbons, pétroles, huiles, minerais de plomb, zinc, cuivre et or), contenant un pourcentage important d'arsenic. (INERIS, 2011)

Des sources naturelles d'émission d'arsenic existent telles que l'activité volcanique et les feux de forêts. (INERIS, 2011)

L'élément arsenic est produit par l'une ou l'autre des méthodes suivantes : pyrolyse de Fe S As (arsénopyrite) ; grillage de sulfure puis réduction de l'oxyde formé avec du carbone. Il peut également être obtenu par réduction du trioxyde d'arsenic par le carbone (INERIS, 2011).

⁴⁴⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁴⁵⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

Le **trioxyde d'arsenic** est un produit de base pour la fabrication de nombreux composés de l'arsenic. C'est le composé d'arsenic le plus important commercialement. Lors de la fusion du plomb ou du cuivre, l'arsenic combiné avec ces métaux s'évapore et s'oxyde dans l'air en donnant naissance à des particules de trioxyde d'arsenic. Celles-ci sont recueillies et purifiées par grillage en présence de pyrite ou de galène. Il est également utilisé comme intermédiaire chimique pour la fabrication d'herbicides, de raticides, de fongicides et d'insecticides. Cependant cette dernière application a diminué au profit des pesticides organochlorés et organophosphatés. Il est d'autre part utilisé pour la production d'arsenic élémentaire. (INERIS, 2011)

Le **pentoxyde d'arsenic** (As_2O_5) est obtenu par action d'un agent oxydant tel que l'acide nitrique sur le trioxyde d'arsenic. Il sert d'intermédiaire chimique pour la fabrication d'arséniates. Il est utilisé pour la fabrication d'herbicides et est employé comme défoliant (pour faciliter la récolte du coton). (INERIS, 2011)

L'**arséniate de plomb** (AsO_4PbH) est obtenu principalement à partir d'arséniate de sodium et d'acétate de plomb, de nitrate de plomb et d'oxyde de plomb. (INERIS, 2011)

L'**arséniate de sodium** (AsO_4Na_2H) est obtenu par grillage en présence d'air d'un mélange d'oxyde d'arsenic avec du carbonate de sodium et du nitrate de sodium. Il sert à produire d'autres arséniates tels que les arséniates de calcium et les arséniates de plomb (INERIS, 2011).

Utilisation

L'arsenic et ses composés minéraux ont de très nombreuses applications industrielles ou agricoles. (INERIS, 2011)

Le trioxyde d'arsenic utilisé, par l'industrie l'est à 50% à titre de pesticide, à 40% pour la préservation du bois et comme agent de flottation, à 5% pour la fabrication du verre et des sulfures d'arsenic, à 3% pour la production de métaux et à 2% pour d'autres usages. Données de 1980 (PubChem, 2011)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- pas d'utilisation spécifique de l'arsenic en tant que tel dans les procédés des industries du déchet.
- l'arsenic éventuellement présent dans les rejets provient des déchets réceptionnés

Regroupement, prétraitement des déchets dangereux

- émission de trioxyde d'arsenic lors de la combustion de produits contenant de l'arsenic (RMC, 2010)
- de l'arsenic peut potentiellement être présent dans les déchets (RMC, 2010)

Installation de stockage de déchets non dangereux

- émission de trioxyde d'arsenic lors de la combustion de produits contenant de l'arsenic (HSDB, 2000)
- de l'arsenic peut potentiellement être présent dans les déchets (RMC, 2010)

Autres sites de traitement ou stockage de déchets

- de l'arsenic peut potentiellement être présent dans les déchets (RMC, 2010)

Utilisation dans les autres secteurs industriels

Dépôts et terminaux pétroliers, Raffinage

- présence d'arsenic dans le pétrole (RMC, 2010)

Industrie du verre

- utilisation comme agent décolorant dans l'industrie du verre (selon Eisler, l'As est employé de 0,2% à 1%) (RMC, 2010)

Centrale thermique de production d'électricité

- émission de trioxyde d'arsenic lorsque de la combustion de combustibles contenant de l'arsenic (RMC, 2010)

Secteur des industries de la chimie

- les composés d'arsenic sont souvent utilisés comme intermédiaires chimiques (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

- pas d'utilisation répertoriée (RMC, 2010)

Sidérurgie (RMC, 2010)

- d'après le site IREP, l'arsenic est un sous-produit de l'exploitation de certains minerais de métaux (pyrites de fer, minerais sulfureux de cuivre, argent, or, plomb etc.)
- l'arsénite de sodium est utilisé comme inhibiteur de corrosion
- 90% de l'As élémentaire est utilisé comme additif dans les alliages

Activité viticole

- d'après HSDB, l'arsenic traiterait certaines maladies des vignes (RMC, 2010)
- l'arsénite de plomb est utilisé comme pesticide (INERIS, 2011)
- le trioxyde d'arsenic est un produit de base pour la fabrication de nombreux composés d'arsenic. Il est également utilisé comme intermédiaire chimique pour la fabrication d'herbicides, de raticides, de fongicides et d'insecticides (cette dernière application semble avoir diminué au profit des pesticides organochlorés et organophosphatés (HSDB, 2000)
- le pentoxyde d'arsenic est utilisé pour la fabrication d'herbicides (HSDB, 2000)

Industrie du bois

- utilisation de complexes "chromate cuivre arsénate" (CCA) pour le traitement du bois (RMC, 2010)

Secteur Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires

- utilisation dans la peinture de céramique (HSDB, 2000)

Secteur Fabrication d'accumulateurs et de piles (RMC, 2010)

- alliage plomb-antimoine-arsenic utilisé dans les batteries électriques (l'arsenic améliore la résistance à la corrosion électrique)
- semi-conducteur (arséniure de gallium AsGa)

Autres secteur industriels

- le trioxyde d'arsenic est utilisé en tannerie pour la conservation des peaux (RMC, 2010)
- l'arsenic est utilisé pour l'emballage des animaux et en tannerie (INERIS, 2011)
- mordant pour les textiles (RMC, 2010)
- divers équipements électriques et électroniques (toner, DEL, éléments de cellules photovoltaïques, cartes électroniques, ...)
- pigments de peintures en association avec le cuivre: $CuAsO_4H$ (RMC, 2010)
- utilisation de trioxyde d'arsenic comme intermédiaire chimique pour les produits arsénieux organiques pharmaceutiques (RMC, 2010)
- fabrication de plombs de chasse, en association avec le plomb dont il augmente la dureté (INERIS, 2011)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Le rapport du BRGM établissant les seuils géochimiques des éléments métalliques dans les eaux françaises souligne que pour les sites utilisant des quantités importantes d'eaux naturelles, il est intéressant de prendre en compte les eaux d'alimentation. Par exemple, l'étude spécifique du secteur de la papeterie montre que 57% du flux d'arsenic mesuré en sortie des sites a une origine amont (étude réalisée sur 36 sites pour lesquels les données amont étaient disponibles). (Ghestem, et al., 2008)

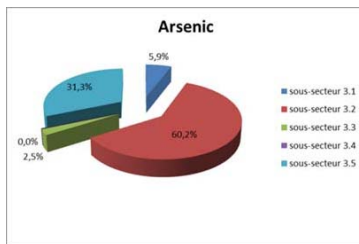
Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) :

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante (186 GIDIC concernés - 20 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 6 dont le seuil est supérieur au seuil réduction) :

- sous secteur **3.2** : 60% du secteur 3 (92 GIDIC concernés - 14 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 4 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)
- sous secteur **3.5** : 31% du secteur 3 (21 GIDIC concernés - 1 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 1 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)
- sous secteur **3.1** : 6% du secteur 3 (36 GIDIC concernés - 4 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 1 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)
- sous secteur **3.3** : 3% du secteur 3 (23 GIDIC concernés - 1 dont le flux est supérieur au seuil surveillance) - (l'arsenic ne fait pas partie des analyses systématiques de ce sous-secteur)
- Le sous secteur **3.4** (11 GIDIC concernés) n'a pas montré de rejets d'arsenic (l'arsenic ne fait pas partie des analyses systématiques de ce sous-secteur)

Répartition des flux en arsenic
dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE2 partie)



DND 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD 3.3 UIOM 3.5 Autres sites de traitement
3.2 Installations de stockage DND 3.4 Lavage de citernes

Note : l'arsenic ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets des sous-secteurs 3.3 et 3.4. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux d'arsenic de l'ensemble de ces sous-secteurs.

L'arsenic est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011) en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (1488 g/j), l'arsenic est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

- 3.2** - Installations de stockage de déchets non dangereux (14 rejets sup au seuil surveillance, 4 sup au seuil réduction, flux de 911 g/j),
- 3.5** - Autres sites de traitement de déchets non dangereux (1 rejet sup au seuil surveillance, 1 sup au seuil réduction, flux total de 465 g/j)
- 3.1** - Regroupement et traitement des déchets dangereux (4 rejets sup au seuil surveillance, 1 sup au seuil réduction, flux de 88 g/j),
- 3.3** - Unités d'incinération des ordures ménagères (1 rejet supérieur au seuil surveillance, flux total de 37 g/j)

Note : cet avis pourra être infirmé ou confirmé à la suite de l'ajout des autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Présence dans l'environnement

Selon le rapport du BRGM sur le bruit de fond géochimique des éléments métalliques dans les eaux (Ghestem, et al., 2008), les niveaux de concentration en arsenic dans les eaux françaises sont de 0,3 à 4 µg/l (avec un maximum de 27 µg/l).

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Présence dans des déchets identifiés comme contenant potentiellement des teneurs en arsenic (et composés de l'arsenic) significatives (se reporter au tome 1 de l'étude § 4.5.1 et annexe 3)

01 - Mines et carrières

- métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux**

- 01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
 - 01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure
 - 01 03 05* autres stériles contenant des subst. dangereuses
 - 01 03 07* autres déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
- 01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
 - 01 04 07* déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
- 01 05 Boues de forage et autres déchets de forage
 - 01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des subst. dangereuses

02 - Agriculture

- déchets de pesticides périmés ou non utilisés
- pesticides résiduels dans les terres de lavage

03 - Bois – Papiers, cartons

- pigments dans les produits de finition de panneaux et meubles
- sels d'As utilisés pour le traitement de protection de certains bois

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**03 Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton**

- 03 02 Déchets des produits de protection du bois
03 02 04* composés inorganiques de protection du bois 06 Déchets des procédés de la chimie minérale 06 04 Déchets contenant des métaux autres que la section 06 03

06 - Chimie minérale

- certaines déchets contenant des métaux
- déchets de procédés de la chimie minérale de production de produits de protection du bois
- charbons actifs usés de la chimie minérale

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**06 Déchets des procédés de la chimie minérale**

- 06 04 Déchets contenant des métaux autres que ceux visés à la section 06 03
06 04 03* déchets contenant de l'arsenic
 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
06 13 01* produits phytosanitaires inorganiques, agents de protection du bois et autres biocides

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**06 Déchets des procédés de la chimie minérale**

- 06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds
06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds
 06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

10 – Procédés thermiques

- cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**10 Déchets provenant de procédés thermiques**

- 10 01 Déchets issus de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
10 01 02 cendres volantes de charbon
 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
10 04 03* arséniate de calcium

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**10 Déchets provenant de procédés thermiques**

- 10 01 Déchets issus de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
10 01 16* cendres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses
 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
10 02 02 laitiers non traités
10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que rubrique 10 02 11
10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
 10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium
10 03 08* scories salées de production secondaire
10 03 09* crasses noires de production secondaire
10 03 21* autres fines et poussières (dont fines de broyage de crasses) contenant des subst. dangereuses
10 03 29* déchets provenant du traitement des scories salées et du traitement des crasses noires contenant des subst. dangereuses
 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
10 04 01* scories provenant de la production primaire et secondaire
10 04 02* crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
10 04 04* poussières de filtration des fumées
10 04 05* autres fines et poussières
10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
 10 05 Déchets provenant de la pyrométallurgie du zinc
10 05 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
10 05 03* poussières de filtration des fumées
10 05 05* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
10 05 06* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées

- 10 06 Déchets provenant de la pyroméallurgie du cuivre
 - 10 06 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 06 02 crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 06 03* poussières de filtration des fumées
 - 10 06 04 autres fines et poussières
 - 10 06 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
 - 10 06 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
 - 10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 - 10 09 11* autres fines contenant des subst. dangereuses
- 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
 - 10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 - 10 10 11* autres fines contenant des subst. dangereuses

11 – Traitement chimique de surface

- solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydroméallurgie des métaux non ferreux

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
 - 11 01 15* éluats et boues provenant des systèmes à membrane et des systèmes d'échange d'ions contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
- 11 02 Déchets provenant des procédés hydroméallurgiques des métaux non ferreux
 - 11 02 02* boues provenant de l'hydroméallurgie du zinc (dont jarosite et goethite)

15 –Déchets d'emballages

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 –Déchets non décrits ailleurs

- composants et équipements mis au rebut
- produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et 16 06 et 16 08)
 - 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
 - 16 01 18 métaux non ferreux

- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
 - 16 02 13* équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que 16 02 09 à 16 02 12
 - 16 02 15* composants dangereux retirés des équipements mis au rebut
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 –Déchets de construction et démolition

- bois traités (créosote, Lindane, pentachlorophénol, chrome, cuivre, arsenic)
- terres ou boues de dragage polluées

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais de sites contaminés)

- 17 02 Bois, verre et matières plastiques
 - 17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.
- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 - 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
 - 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (& en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 –Déchets de gestion de déchets

- déchets d'incinération
- déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- lixiviats de décharges
- eaux usées urbaines
- résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- déchets de traitement mécanique de déchets de bois traités
- déchets de traitement mécanique de déchets
- résidus de traitement de terres polluées

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
 - 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
 - 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
 - 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées

- 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses
 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17
 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 19 02 04* déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
 19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des subst. dangereuses
 19 03 Déchets stabilisés/solidifiés
 19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement stabilisés
 19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés
 19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification
 19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée
 19 05 Déchets de compostage
 19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés
 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
 19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
 19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
 19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds
 19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux
 19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des subst. dangereuses
 19 10 05* autres fractions contenant des subst. dangereuses
 19 12 Déchets du traitement mécanique des déchets (tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
 19 12 06* bois contenant des subst. dangereuses
 19 12 11* autres déchets (dont mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des subst. dangereuses
 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 –Déchets municipaux

- acides usés
- peintures, encres, colles, résines
- piles et accumulateurs collectés séparément
- équipements électriques et électroniques collectés séparément
- bois traités collectés séparément
- déchets de nettoyage de rues
- bois traités

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 14* acides
 20 01 35* équipements électriques et électroniques mis au rebut contenant des composants dangereux, autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21 et 20 01 23
 20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

SPECIATION (Donard, et al., 2007)

Prélèvements et conditionnement

La forme d'arsenic la plus instable est As(III) qui a tendance à se transformer très facilement en As(V). Comme pour le sélénium, un dégazage et une acidification avec HCl permettent d'éviter cette transformation. Il a été montré par ailleurs que les formes méthylées de l'arsenic peuvent être conservées longtemps à 4 °C.

SPECIATION DE L'ARSENIC

De nombreuses méthodes d'analyse sont décrites dans une base de données dédiée à la spéciation. <http://www.speciation.net/Database/Links/all-about-arsenic.html>

EAUX (INERIS, 2011)

L'ensemble des méthodes décrites ci-dessous concerne essentiellement l'arsenic et ses composés qui sont dosés sous forme d'arsenic.

Prélèvements et conditionnement

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.

Quand la technique des hydrures est employée pour l'analyse, il est préférable de prélever les échantillons dans des flacons préalablement lavés à l'acide chlorhydrique et rincés à l'eau déminéralisée.

Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2). Par ailleurs, il faut veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.

Extraction / préparation

Il est possible de doser l'arsenic sous trois formes :

- **L'arsenic ou les différentes formes chimiques de l'arsenic dissous**, ils se retrouvent dans la phase liquide du prélèvement d'eau qui est récupérée après filtration sur membrane de porosité 0,45 µm.
- **L'arsenic particulaire**, il se retrouve sur le filtre de porosité 0,45 µm, et il est dosé après attaque acide du filtre.
- **L'arsenic total**, il est obtenu en faisant la somme des dosages de l'arsenic dissous et de l'arsenic particulaire ; il est cependant possible d'effectuer l'analyse de l'élément total en procédant à une digestion appropriée de l'eau (sans l'avoir filtrée au préalable).

Dosage**Méthodes de dosage**

L'échantillon, à ce stade de l'analyse, se trouve sous forme liquide en présence d'EDTA ou dans un milieu acide. Il existe différentes méthodes spectroscopiques pour l'analyse de l'arsenic en fonction de la teneur attendue et des limites de détection souhaitées.

- **La spectrométrie d'absorption atomique** par la technique des hydrures (AAS- technique des hydrures).
- **La spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique** (GF- AAS)

Ces deux méthodes fonctionnent sur le même principe de détection (absorption de la lumière émise par une lampe "Arsenic"). Dans le premier cas la méthode est basée sur la mesure de la quantité d'arsenic générée sous forme d'arsine par réaction du tétrahydroborate de sodium, en milieu chlorhydrique) et dans l'autre cas par injection directe de l'échantillon acidifié dans un tube graphite, chauffé électriquement avec atomisation électrothermique.

- **La spectrométrie d'émission atomique couplée à une torche à plasma** (ICP- Optique)

Cette méthode fonctionne sur le principe inverse de la précédente en terme de détection, il s'agit d'obtenir un spectre caractéristique des raies de l'arsenic suite à une atomisation qui a lieu dans un plasma d'argon. L'intensité de ces raies est proportionnelle à la quantité d'atomes présents en solution.

- **La spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma** (ICP- MS)

Cette méthode permet l'introduction de l'échantillon dans un plasma d'argon, il est ainsi ionisé et les ions sont séparés dans le spectromètre de masse en fonction du rapport masse/charge (m/z). Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément.

- **La chromatographie liquide haute performance couplée à un spectromètre de masse** (CLHP/ICP-MS)

Cette méthode permet de doser différentes formes chimiques de l'arsenic. La séparation des différentes espèces d'arsenic est effectuée par chromatographie liquide haute performance (HPLC) Puis l'échantillon est entraîné dans un ICP-MS. L'échantillon est ainsi ionisé et les ions obtenus sont séparés dans le spectromètre de masse en fonction du rapport masse/charge (m/z). Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément.

NORMES POUR L'ECHANTILLONNAGE**NF EN ISO 5667 - 3 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (2004)****Domaine d'application**

La norme donne des directives sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau. Cette norme présente en particulier le type de flacons et la méthode de conditionnement à utiliser pour la conservation optimale de chaque élément trace à doser.

Principe

Cette méthode indique le meilleur flaconnage et stabilisant préconisé pour chaque paramètre. Les machines et matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire de contaminant

Interférences

Se méfier de tout contaminant pouvant gêner l'analyse du paramètre

NORMES POUR L'EXTRACTION AVANT DOSAGE**NF EN ISO 15587-1 et -2 : Qualité de l'eau – Digestion pour la détermination de certains éléments dans l'eau (2002)****Domaine d'application**

Cette norme permet d'extraire des éléments traces dans une eau en utilisant l'eau régale (partie 1) ou l'acide nitrique (partie 2) comme agent de digestion. Elle est applicable à tous les types d'eau dont la concentration massique en solides en suspension est inférieure à 20 g/L et la concentration massique en COT, exprimée en carbone est inférieure à 5 g/L.

Principe

La prise d'essai est digérée avec de l'eau régale à une température définie. Elle doit au moins atteindre la température d'ébullition de 103°C et ne pas dépasser 175°C. Au point d'ébullition, la durée minimale nécessaire à la libération de la fraction digestible est de 2h. La digestion peut se faire dans différents systèmes de chauffage (chauffage électrique, micro-onde système ouvert, micro-onde système fermé ou autoclave système fermé).

Interférences

Aucune interférence précisée

NORMES POUR LE DOSAGE**NF EN ISO 15586 : Qualité de l'eau – Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (2004)****Domaine d'application**

Cette norme permet de décrire les principes et les modes opératoires permettent d'analyser de très faibles teneurs en Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V et Zn dans les eaux de surface, souterraines, potables, usées et dans les sédiments par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique en four graphite. La limite de détection dépend de la matrice de l'échantillon et du type d'appareillage

Principe

Les échantillons d'eau sont stabilisés à l'acide et les échantillons de sédiments sont digérés. Un sous-échantillon est injecté dans un four graphite. La spectrométrie d'absorption atomique est basée sur la capacité des atomes libres à absorber un rayon lumineux. Une source de lumière émet une lumière spécifique d'un élément. La concentration d'un élément dans l'échantillon est déterminée par comparaison de l'absorbance de l'échantillon avec l'absorbance des solutions étalons.

Interférences

Les eaux usées et les digestions de sédiment peuvent contenir des composés gênant pour l'analyse. Par exemple les chlorures peuvent accentuer la volatilité de certains composés et causer une perte de l'élément à la pyrolyse. Une optimisation des programmes de températures, une utilisation de tubes avec plateforme, l'emploi de modificateurs chimiques, la technique des ajouts dosés permettent de doser judicieusement les composés de la méthode.

Pr NF EN ISO 11885 : Qualité de l'eau – Dosage de 33 éléments par spectrométrie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (2009)**Domaine d'application**

La norme prescrit une méthode de dosage pour plusieurs éléments (totaux, dissous ou particulaires) dans tout type d'eaux (souterraines, surfaces, brutes, potables ou résiduaires).

Principe

Cette méthode consiste à mesurer l'émission atomique par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission des raies caractéristiques sont dispersés par un réseau et l'intensité des raies est mesurée par un détecteur.

Interférences

Le choix des longueurs d'onde dépend de la matrice, car il existe plusieurs types d'interférences pouvant conduire à des inexactitudes dans le dosage des éléments à l'état de traces. Pour remédier à ces problèmes d'interférences, il est possible soit de réaliser un balayage en longueur d'onde pour détecter toute éventuelle interférence spectrale possible, soit de compenser les interférences dues au bruit de fond par une correction du bruit de fond adjacente à la raie analytique.

Il s'agit d'interférences spectrales dues à la technique ICP. Choisir la longueur d'onde la plus judicieuse, une bonne correction inter-éléments et une bonne correction de fond.

Limites de quantification

Les limites de quantification varient en fonction de l'élément et de la visée de l'ICP (0,1 à 900 µg/L en visée radiale et de 0,1 à 700 µg/L en visée axiale)

NF EN ISO 17294-1 et -2 : Qualité de l'eau Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) Partie 1 : lignes directrices générales et Partie 2 : dosage de 62 éléments (2007 et 2005)**Domaine d'application**

Dans la partie 1, cette méthode définit les principes de la spectrométrie de masse avec plasma induit (ICP/MS) et présente les directives générales pour utiliser cette technique. L'ICP-MS concerne les échantillons d'eau mais des gaz, des vapeurs ou de fines particules peuvent y être aussi introduits.

Dans la partie 2, cette méthode concerne le dosage de 62 éléments dans l'eau. Compte tenu des interférences spécifiques et non spécifiques, ces éléments peuvent être dosés dans des minéralisés d'eau, de boues ou de sédiments.

Principe

Cette méthode consiste à mesurer les ions par un spectromètre de masse après nébulisation dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément à doser.

Interférences

Il existe plusieurs types d'interférences: les interférences par éléments concomitants, les interférences isobariques et les interférences non isobariques. Pour détecter les interférences, il est recommandé de déterminer plusieurs isotopes différents d'un même élément. Les résultats obtenus doivent être similaires. Si aucun isotope ne peut être obtenu sans interférence, il est nécessaire d'apporter une correction mathématique.

NF EN ISO 11969 : Qualité de l'eau - Dosage de l'arsenic - Méthode par spectroscopie d'absorption atomique - Technique des hydrures (1996)**Domaine d'application**

Cette norme décrit une méthode pour le dosage de l'arsenic et de ses composés dans les eaux potables, les eaux souterraines et les eaux de surface, à des concentrations comprises entre 1 µg/L et 10 µg/L.

La plupart des composés organiques interfèrent avec le dosage de l'arsenic. Ils doivent être éliminés avant l'analyse par digestion acide. De même les échantillons formant de la mousse lors de l'addition de tétrahydroborate doivent être prétraités par exemple avec un agent antimousse ou une digestion complète.

Des substances telles que le cuivre (à une concentration supérieure à 2 mg/L), l'antimoine (à une concentration supérieure à 0,2 mg/L), le sélénium (à une concentration supérieure à 0,05 mg/L), et le nitrate (à une concentration supérieure à 100 mg/L), interfèrent à des niveaux de concentration en arsenic de 1 µg/L.

Les métaux nobles tels que le platine ou le palladium, peuvent également masquer la réponse de l'hydruire d'arsenic.

Principe

La méthode est basée sur la mesure de la quantité d'arsenic générée sous forme d'arsine par réaction du tétrahydroborate de sodium, en milieu chlorhydrique, par absorption atomique. La détermination de l'absorbance est faite à une longueur d'onde de 193,7 nm.

Interférences

La plupart des composés organiques interfèrent avec le dosage de l'arsenic. Ils doivent être éliminés avant la digestion. Les échantillons moussants avec l'ajout de borohydruire peuvent être traités par un agent antimousse ou par une digestion complète. Le cuivre, l'antimoine, le sélénium et le nitrate à certaines concentrations peuvent interférer ainsi que les métaux nobles en masquant la réponse de l'hydruire d'arsenic(III)

Projet XP T 90-140 : Qualité de l'eau – Détermination de quatre formes chimiques – Méthode par chromatographie liquide à haute pression (CLHP) couplée à un spectromètre de masse avec plasma induit par haute fréquence (ICP-MS)

Domaine d'application

Cette méthode permet de doser quatre formes de l'arsenic dissous (arsenite (AsIII), arséniate (AsV), acide monométhyl arsénieux (MMA), acide diméthyl arsénieux (DMA)) dans les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de pluies. La gamme dynamique linéaire de travail se situe entre 1 et 50 µg/L.

Principe

La séparation des différentes espèces d'arsenic est effectuée par chromatographie liquide à haute performance (HPLC). Puis l'échantillon est entrainé dans un ICP-MS. L'échantillon est ainsi ionisé et les ions obtenus sont séparés dans le spectromètre de masse en fonction du rapport masse/charge (m/z). Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément.

Interférences

Les interférences sont essentiellement isobariques à cause des ions polyatomiques. Elles peuvent également être non spécifiques ou être dues à des effets de matrice. Il est conseillé de suivre la masse Cl O⁻ si la matrice analysée contient une concentration importante en ions chlorures. Il est important de mettre en œuvre un système de réduction d'interférences (correction mathématique, chambre de réactions/collision...) pour maîtriser cette interférence liée aux ions chlorures

Pour information : **NF EN 26595 : Qualité de l'eau - dosage de l'arsenic total - Méthode spectrophotométrique au diéthylthiocarbamate d'argent (1993).**

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Produits de substitution et changement de process dans les industries du secteur des déchets

L'arsenic n'entrant pas directement dans les process des industries du secteur des déchets, aucune substitution de l'arsenic ou changement de process n'a été identifié.

Traitement par précipitation (RMC, 2010)

• **Dans l'industrie extractive :**

La technique employée pour limiter des émissions d'arsenic dans les eaux est la précipitation par addition de sels ferriques pour atteindre des niveaux d'arsenic inférieur à 0,5 mg/l. Exemple: dans une mine de talc-magnésite en Finlande, les rendements des réactions de précipitation sont les suivantes:

- si le pH est inférieur à 6 la précipitation de l'arsenic à la suite de l'ajout de sulfate ferrique est "totale"
- si le pH est supérieur à 6, la précipitation (en présence d'une quantité plus importante de sulfate que celle employée dans le cas précédent) aboutit à une teneur résiduelle en arsenic dans les eaux de 0,4 mg/l

• **Dans l'industrie de production de plomb :**

L'arsenic est éliminé par oxydation par la réaction de l'arsenic avec une solution de nitrate de sodium et de soude caustique suivie d'un écrémage mécanique

• **Dans le secteur de la chimie minérale :**

Lors de la production d'acide phosphorique l'arsenic est séparé de l'acide par précipitation à l'aide d'une solution de Na₂S. Le précipité est éliminé par filtration. Le filtrat est traité avec les déchets chimiques dangereux Note fiabilité : 3

Traitement complémentaire (RMC, 2010)

La technique de traitement par précipitation décrite ci-dessus ne permet pas d'atteindre les objectifs de la DCE (42 µg/l sur la base de 10 x NQE). Un traitement complémentaire peut donc être nécessaire (traitement membranaire par exemple). Il faut noter également que les métaux sont également transférés dans les boues des stations biologiques qui constituent par conséquent un traitement à part entière.

Traitement par extraction (HSDB, 2000)

L'extraction par amines à haut poids moléculaire et ammonium quaternaire peut se révéler une technique prometteuse pour la réduction d'éléments toxiques tels que l'arsenic des effluents industriels.

Traitement par adsorption

L'affinité du charbon actif vis-à-vis de l'Arsenic est considérée comme très importante. En effet, la formation de ligands entre la matière organique adsorbée ou en solution et les ions métalliques peut permettre un accroissement de l'abattement de la pollution métallique sous la forme de complexes, de biosorption.... (w8000, 2007). Cette technique n'est cependant pas le procédé le plus couramment utilisé pour l'élimination des métaux.

Adsorption sur des hydroxydes métalliques (expert ARCADIS)

Pour certains métalloïdes, comme l'arsenic, posant de réels problèmes d'alimentation en eau potable, l'adsorption sur des oxydes-hydroxydes métalliques se développe.

Traitement par échangeurs d'ions (INERIS, 2008)

Selon le site internet de l'inspection des installations classées, les résines échangeuses d'ions peuvent être utilisées dans le cas du traitement avant émission de l'arsenic dans l'eau.

REFERENCES

AMPERES [Article]. - <https://projetamperes.cemagref.fr/Documentation%20projet%20AMPERES>. .

DLK Technologies Résines [En ligne] // DLK Technologies pour le traitement des eaux. - 2012. - <http://www.dlk.ch/index.php?Traitement-des-eaux-residuaire/resines.html>.

Donard O. F-X. et Séby F. Détermination d'espèces chimiques d'éléments (spéciation) dans l'environnement [Revue] // Techniques de l'Ingénieur. - 10 décembre 2007. - Techniques d'analyse / Référence TI630. - p. 26. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/analyses-dans-l-environnement-42382210/determination-d-especes-chimiques-d-elements-speciation-dans-l-environnement-p3870/methodes-pour-l-analyse-de-speciation-p3870niv10002.html>. - Analyses dans l'environnement / Référence 42382210.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

EMIS Adsorption Techniques [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - 2011. - <http://www.emis.vito.be/node/22733>.

EMIS Ion exchange [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - <http://www.emis.vito.be/node/22732>.

EPA Granular Activated Carbon Absorption and Regeneration [En ligne] // Wastewater Technology Fact Sheet. - 2000.

EPA Methods for the determination of organic compounds in drinking water [Rapport]. - Cincinnati : [s.n.], 1989.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

EPA US Treatment technology in soil, waste, and water [En ligne]. - 2007. - <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.

Fabre B, Roth E et Heintz V Les isomères de l'hexachlorocyclohexane [Rapport]. - [s.l.] : ADEME, 2005.

Ghestem JP, Crouzet C et Girardot N Estimation des fonds géochimiques en éléments traces des eaux de surface continentales et des eaux souterraines : cahier des charges pour l'analyse et le prélèvement. [Rapport] : Version 0. - [s.l.] : BRGM, 2008. - p. 44 pages. - 6 Tableaux, 1 Annexe. - RP-56835-FR .

HSDB Hazardous substance data bank - Arsenic [En ligne]. - Toxnet, 2000. - juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+7440-38-2>.

IIC Traitement des rejets [En ligne] // Inspection des Installations classées - Prévention des risques et lutte contre les pollutions. - Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2012. - <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/5-Traitements-des-rejets.html>.

in91 Techniques de l'Ingénieur - TI IN 91 [Rapport]. - 2008.

INERIS Arsenic [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/417>.

INERIS Arsenic et composés inorganiques : panorama des principaux émetteurs [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - <http://rsde.ineris.fr>.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

J.-F. Fiset et al. Revue sur l'enlèvement des métaux sur les effluents par adsorption sur la sciure et les écorces de bois [Article] // REVUE DES SCIENCES DE L'EAU. - 2000.

Lenntech [En ligne]. - septembre 2011. - <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/adsorption.htm>.

Montiel A et Welte B L'affinage de l'eau par filtration sur charbon actif en grains. Les contraintes imposées par cette étape de traitement [Article] // Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural. - 1999. - 9.

PubChem Arsenic [En ligne] // PubChem Compounds. - NCBI, 2011. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=14888&loc=ec_rcs#x27.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

CADMIUM ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF

Symbole : Cd

N° CAS : 7440-43-9

Famille : métaux
métaux de transition
métaux lourds
métaux non ferreux

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 112,41 g/mol (TOXNET)

Solubilité dans l'eau : insoluble (RMC, 2010) (TOXNET)
deux données : 2,3 mg/l - 8,7 mg/l à 20°C (ECHA)

Pression de vapeur : 0,0028 Pa à 157°C (RMC, 2010)
1 Pa à 257°C (TOXNET)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Réagit rapidement avec l'acide nitrique, lentement avec l'acide chlorhydrique - ne réagit pas avec les bases (TOXNET)
- Oxydé lentement à l'humidité ambiante pour former des oxydes de cadmium

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA⁴⁵¹ : de ≤ 0,08 à 0,25 µg/L selon la dureté de l'eau (Dir. 2008/105/CE)

NQE-CMA⁴⁵² : de ≤ 0,45 à 1,5 µg/L selon la dureté de l'eau (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09⁴⁵³ = 2 µg/l (Cd & composés) **Note** : NQE / LQ peut poser problème

PNEC chronique_{eau douce} : 0,19 µg/L (INERIS, 2011)

Occurrence dans les rejets industriels du cadmium dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 - campagne en cours - données novembre 2011) :

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés⁴⁵⁴ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **88,7 g/j**, (114 sites - 611 mesures - 11 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction).

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

Selon ces données, le cadmium est une substance d'intérêt pour les sous secteurs 3.1 (Regroupement, traitement, pré-traitement DD), et 3.3 (UIOM), mais aussi 3.2 (Installations de stockage DND) bien qu'il ne soit pas dosé systématiquement dans les rejets de ce sous-secteur.

Traitabilité - résumé⁴⁵⁵

Le cadmium est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible d'être détruite par un traitement. Elimination des eaux usées : le cadmium peut être éliminé par coagulation, adsorption si nécessaire complétée par un traitement membranaire ou du charbon actif, par passage sur résine échangeuse d'ions, ou par électrodialyse. Le seul traitement par précipitation ne permet pas d'atteindre les objectifs de la DCE (42 µg/l). Un traitement complémentaire peut donc être nécessaire. Le cadmium, comme les autres métaux, est transféré intégralement dans les boues des stations biologiques qui constituent par conséquent un traitement à part entière.

L'utilisation d'insolubilisant permet de précipiter avec assurance et d'éliminer les liaisons complexes de de cadmium. Les résines chélatantes ou complexantes sont également utilisées.

Des traitements complémentaires biologiques tels la rhizofiltration ou la phytoextraction sont signalés.

⁴⁵¹ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

⁴⁵² NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

⁴⁵³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁴⁵⁴ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

⁴⁵⁵ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

DESCRIPTIF - COMPOSES DU CADMIUM

<i>Nom</i>	<i>Synonymes</i>	<i>Formule</i>	<i>n° CAS</i>
Carbonate de cadmium		CH ₂ O ₃ Cd	513-78-0
Oxyde de cadmium	oxocadmium	Cd O	1306-19-0
Sulfure de cadmium	cadmium Yellow aurora yellow cadmium golden	CdS	1306-23-6
Chlorure de cadmium	dichlorure de Cd Caddy	Cd Cl ₂	10108-64-2
Sulfate de cadmium	acide sulfurique, sel de Cd	Cd H ₂ SO ₄	10124-36-4
Nitrate de cadmium	acide nitrique, sel de Cd	Cd (HNO ₃) ₂	10325-94-7
Hydroxyde de cadmium	dihydroxyde de Cd	Cd H ₂ O ₂	21041-95-2

Note : Seuls les composés du cadmium inscrits dans la liste des substances enregistrées du site de l'ECHA ont été pris en compte.

Propriétés physico-chimiques :

	carbonate de cadmium	oxyde de cadmium	sulfure de cadmium	chlorure de cadmium	sulfate de cadmium
	CH ₂ O ₃ Cd	Cd O	CdS	Cd Cl ₂	Cd H ₂ SO ₄
Niveau d'oxydation					2+
Masse molaire	172,42g/mol ⁽¹⁾	128,41g/mol ⁽²⁾	144,5g/mol ⁽³⁾	183,32g/mol ⁽⁴⁾	208,45g/mol ⁽⁵⁾
Solubilité dans l'eau	3,2mg/l 25°C ⁽¹⁾	2,1mg/l 20°C ⁽²⁾	0,6 ng/l 20°C ⁽³⁾	475g/l 20°C ⁽⁴⁾	

- http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9d887c48-867e-312a-e044-00144f67d249/AGGR-bb4b7475-d030-4628-86e0-56bc7dccb38e_DISS-9d887c48-867e-312a-e044-00144f67d249.html#l-9d271d8c-2c5d-4907-8465-4fd8ab1b1731 (ECHA)
- http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9eae57b1-d7ac-5373-e044-00144f67d031/AGGR-515303de-307c-4130-b936-2dd59e2e0ebf_DISS-9eae57b1-d7ac-5373-e044-00144f67d031.html (ECHA)
- http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9ebf0225-6c6f-1fd0-e044-00144f67d031/AGGR-f02ab88d-59a4-46a4-9e86-85dbf28ec610_DISS-9ebf0225-6c6f-1fd0-e044-00144f67d031.html (ECHA)
- http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9e9ea958-37d1-0e76-e044-00144f67d031/AGGR-8fb87b99-2301-4319-b46b-841d7a9fc60d_DISS-9e9ea958-37d1-0e76-e044-00144f67d031.html (ECHA)
- http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9ea190a4-7dea-4b9f-e044-00144f67d031/AGGR-098aeba5-ec3e-49bf-949d-2fa42d1150bf_DISS-9ea190a4-7dea-4b9f-e044-00144f67d031.html (ECHA)

	nitrate de cadmium	hydroxyde de cadmium			
	Cd (HNO ₃) ₂	Cd H ₂ O ₂			
Niveau d'oxydation					
Masse molaire	236,42g/mol ⁽⁶⁾	146,43g/mol ⁽⁷⁾			
Solubilité dans l'eau	507 g/l 20°C ⁽⁶⁾				

- [http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9ebd8667-5a43-3f56-e044-00144f67d031/DISS-9ebd8667-5a43-3f56-e044-00144f67d031.html](http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9ebd8667-5a43-3f56-e044-00144f67d031/DISS-9ebd8667-5a43-3f56-e044-00144f67d031_DISS-9ebd8667-5a43-3f56-e044-00144f67d031.html) (ECHA)
- http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-9eab95b6-ffd3-35a1-e044-00144f67d031/AGGR-be6d262e-2466-4937-b899-d428b4e30aeb_DISS-9eab95b6-ffd3-35a1-e044-00144f67d031.html (ECHA)

REGLEMENTATION

- DCE** : Substance prioritaire (directive 2008/105/EC)⁴⁵⁶
 - Cadmium et ses composés sont identifiés comme substance dangereuse prioritaire (annexe II)
- Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation** (ECHA)
 - Le cadmium ne fait pas partie de la liste de substances candidates pour être SVHC⁴⁵⁷
- Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁴⁵⁸.
 - Substance soumise à restriction (annexe XVII) : cadmium et ses composés ne peuvent pas être utilisés pour colorer les articles finis fabriqués au départ des substances et préparations suivantes : PVC, polyuréthane, acétate de cellulose, etc., peintures, matériaux divers excepté les produits finis utilisant des stabilisants à base de cadmium pour des raisons de sécurité, cadmiage de produits pour diverses utilisations
- Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE** (ECHA)⁴⁵⁹

	cadmium	carbonate de cadmium	oxyde de cadmium	sulfure de cadmium
	7440-43-9	513-78-0	1306-19-0	1306-23-6
catégories de danger	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute tox. 2 STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	- -	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chron. 1	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chron. 4
code de danger	H350 H341 H361fd H330 H372 H400 H410	- -	H350 H341 H361fd H330 H372 H400 H410	H350 H341 H361fd H372 H302 H413

	chlorure de cadmium	sulfate de cadmium	nitrate de cadmium	hydroxyde de cadmium
	10108-64-2	10124-36-4	10325-94-7	21041-95-2
catégories de danger	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 Acute Tox. 3 STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chron. 1	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 Acute Tox. 3 STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chron.1	- -	- -
code de danger	H350 H340 H360-FD H330 H301 H372 H400 H410	H350 H340 H360-FD H330 H301 H372 H400 H410	- -	- -

Note : dans ce texte, d'autres composés du cadmium sont décrits

⁴⁵⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>
⁴⁵⁷ http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf
⁴⁵⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>
⁴⁵⁹ <http://www.ineris.fr/gesdoc/aida/file/text7075.pdf>

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an ⁴⁶⁰ pour le cadmium et ses composés - exprimés en Cd
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001** ⁴⁶¹
 - annexe A : cadmium non concerné
- **Arrêté du 22/11/10⁴⁶² établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (abrogeant le
 - Le cadmium et ses composés ne sont pas cités par ce texte
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation** ⁴⁶³
 - Annexe 1 : le cadmium fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (**Cd & composés**)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (**Cd & composés**)
 - 3.4 - Lavage de citernes (**Cd & composés**)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (**Cd & composés**)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses: LQ = 2 µg/L

NEOFORMATION

Le cadmium est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

L'activité bactérienne, les conditions de pH et d'oxydo-réduction sont susceptibles de faire évoluer la spéciation du cadmium et donc sa dangerosité.

⁴⁶⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁴⁶¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁴⁶² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁴⁶³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

UTILISATION

Production / utilisation

Il existe deux procédés majeurs de production du cadmium : par pyroméallurgie et par voie électrolytique (TOXNET)

Aucun minerai de cadmium n'existe en quantité exploitable. En France, le cadmium est obtenu : soit comme sous-produit de la métallurgie du zinc (en moyenne trois kilogrammes de cadmium sont obtenus pour une tonne de zinc) ; soit par recyclage des accumulateurs nickel-cadmium. (INERIS, 2005)

Le cadmium serait présent de façon croissante dans un très grand nombre d'applications industrielles, mais à de très faibles quantités. Cet usage diffus deviendrait donc de plus en plus significatif par rapport aux usages établis, qui sont en général en perte de vitesse. (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Pas d'utilisation spécifique du cadmium en tant que tel dans les procédés des industries du secteur des déchets.

- **Regroupement, prétraitement des déchets dangereux**

Apport indirect de Cd provenant des déchets. Les quantités sont faibles (RMC, 2010)

- **UIQM**

Apport indirect de Cd, quantités faibles, combustion de sources d'énergie fossiles (INERIS, 2005)

L'incinération de déchets ménagers est signalée comme source d'émission diffuse de cadmium (INERIS, 2005)

- **Lavage de citernes**

Aucune utilisation identifiée. Le cadmium peut provenir des produits transportés (RMC, 2010)

- **Autres sites de traitement ou stockage de déchets**

Apport indirect de Cd provenant des déchets. Les quantités sont faibles (RMC, 2010)

Autres activités industrielles

- **Industries du verre et fusion du verre**

Les composés Cd I₂ et Cd Br₂ sont utilisés dans des procédés de gravure (RMC, 2010)

Le carbonate de cadmium est utilisé dans des procédés de production du verre (ECHA)

- **Industrie de la chimie**

Différents dérivés de Cd sont utilisés comme intermédiaires chimiques (RMC, 2010)

Carbonate de Cd : régulateur de pH, agent flocculant, précipitant, agent de neutralisation (ECHA)

- **Blanchisserie**

L'**acétate de Cd** et le **sulfure de Cd** sont utilisés comme colorant dans le textile (pigments rouges et jaunes) (RMC, 2010)

- **Préparation de pâte chimique, non chimique**

Le **Cd S** est utilisé comme colorant pour le papier (TOXNET)

- **Sidérurgie : fonderie de métaux ferreux, fonderie de métaux non ferreux, production et/ou transformation des métaux non ferreux**

On constate des apports indirects de Cd, il intervient ici de façon diffuse et en faible quantité (RMC, 2010)

La présence de cadmium a été constatée dans les minerais de zinc et dans les boues de purification du sulfate de zinc. (RMC, 2010)

La production de métaux non-ferreux comme la sidérurgie est signalée comme source d'émission diffuse de cadmium (INERIS, 2005)

- **Activité viticole**

Le **Cd Cl₂** (chlorure de cadmium) est utilisé pour la fabrication de fongicide (TOXNET)

- **Industrie du traitement des cuirs et peaux**

Aucune utilisation identifiée. (RMC, 2010)

- **Industrie du travail mécanique des métaux**

Apport indirect de Cd en faibles quantités

Le **Cd Cl₂** (chlorure de cadmium) est utilisé pour la fabrication de lubrifiant (TOXNET)

- **Industrie du traitement, revêtement de surface**

Cet usage représentait environ 4% des usages du Cd dans l'UE en 1996 et cette proportion a régressé de moitié entre 1990 et 1996 (Commission Européenne, 2003 - dans (RMC, 2010)

Le cadmium métal (Cd) est utilisé pour :

- conférer des propriétés particulières de résistance à la corrosion, supérieures à celles obtenues par des bains au zinc,
- conférer des propriétés de faible coefficient de friction au métal, notamment pour des applications exigeantes de type aéronautique et militaire, comme pour les freins (automobiles, aéronautique) et les fixations de trains d'atterrissage,
- conférer des propriétés de résistance à l'oxydation et la corrosion et assurer une bonne conductivité électrique (pour des connecteurs électriques notamment).

La profession estime que les secteurs qui utilisent le cadmium sont à 90% l'aéronautique et à 10% le spatial, les autres applications étant très marginales.

Le Cd ne semblerait plus être utilisé que dans les domaines de l'aéronautique et le militaire.

Dans le secteur de la galvanoplastie on constate une utilisation de chlorure de cadmium. (TOXNET)

- **Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires**

Le **nitrate de Cd** (Cd NO₃)₂ est utilisé pour donner de la couleur aux pièces en verre et en porcelaine.

Le **acétate de Cd** est utilisé pour donner un effet irisé à la porcelaine (RMC, 2010)

- **Fabrication d'accumulateurs et de piles**

C'est la forme hydroxydée **Cd(OH)₂** du cadmium, obtenue à partir de l'oxyde Cd O, qui est utilisée pour la fabrication des accumulateurs et des piles. Cet usage représentait environ trois quarts des usages totaux de Cd dans l'UE en 1996 (Commission Européenne, 2003 dans (INERIS, 2005)). Cette proportion était de 55% en 1990. Le couple électrochimique nickel-cadmium est employé dans la fabrication de certains accumulateurs et piles, ils ne représentent que 2% des accumulateurs

industriels, leur immense majorité étant du plomb (CE 2003 dans (INERIS, 2005)) A l'échelle de l'UE, 75 à 80% de tout le Cd destiné aux piles sert à la production de piles et d'accumulateurs Ni-Cd portables et le reste entre dans la composition des piles et accumulateurs Ni-Cd industriels. On estime que les piles et accumulateurs Ni-Cd portables contiennent en moyenne 13% de Cd en poids et les industriels 8% (CE 2003 dans (INERIS, 2005)).

- **Autres secteurs majoritaires**

Pigments et stabilisants : cet usage concernant l'oxyde de cadmium Cd O, représentait environ 20% des usages totaux de Cd dans l'UE en 1996 (15% pour les pigments et 5% pour les stabilisants), (Commission Européenne 2003 dans (RMC, 2010) Ces 2 pourcentages sont en forte baisse depuis 1990.

Le Cd serait utilisé pour produire des pigments lumineux qui absorbe l'énergie et la radiation électromagnétique (ex: **Sulfoséléniure de Cd**) (RMC, 2010).

Le cadmium (**Cd O**) est, ou a été utilisé pour fabriquer des stabilisants incorporés notamment dans les plastiques. L'usage de composé au Cd comme stabilisant du PVC a cessé dans les pays de l'union européenne. (RMC, 2010).

Pigments : le cadmium et ses composés (**Cd O, Cd S**) sont employés comme pigments dans les couleurs pour artistes pour encore 10% environ de la profession (FIPEC cité dans ((RMC, 2010). Ils sont également utilisés pour colorer des plastiques devant être utilisés à hautes températures (OCDE, 1985 cité dans (RMC, 2010)

Remarque : Micron Couleur à Narbonne est la seule société en France à produire des pigments de cadmium en France. (RMC, 2010)

Fabrication des ciments : utilisation du **carbonate de cadmium** (ECHA)

Un assez grand nombre de produits (peinture, laques, vernis, matériaux de construction, réactifs de laboratoire, électronique...) peuvent contenir du Cd en faible quantité.

Photographie : différents composés de cadmium sont utilisés dans la photographie (ex: **Cd I₂, Cd Cl₂, Cd Br₂**) (RMC, 2010) et dans les cellules photoélectriques (INERIS, 2005)

Composants électroniques : le cadmium est utilisé dans divers composants électroniques (RMC, 2010) - application en déclin (INERIS, 2005)

Lampes à vapeur de cadmium (INERIS, 2005)

- **Fabrication industrielle par transformation chimique d'engrais simple ou composés à base de phosphore, d'azote et de potassium**

Production d'engrais phosphatés (les roches contenant les phosphates contiennent aussi de faibles quantités de Cd). Liées à la production de phosphate, les activités d'extraction de phosphore occasionnent encore des rejets de Cd dans les mines de potasse d'Alsace, même après la cessation de leur activité (environ 70 tonnes de Cd par an, source DRIRE Alsace, 2003 - cité par (RMC, 2010).

- **Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires**

Le **chlorure de cadmium** (Cd Cl₂) est utilisé pour la fabrication de fongicide (TOXNET)

- **Industrie des polymères**

Les **sels de cadmium** sont utilisés comme stabilisants pour la polymérisation, spécialement pour le PVC (RMC, 2010).

Carbonate de Cd : utilisés dans la fabrication des plastiques (ECHA)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données **partielles** de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la contribution du Secteur 3 dans l'ensemble des rejets industriels de cadmium est de **11,4%** du flux total industriel.

La somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 88,73 g/j

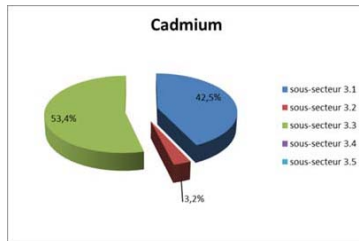
(114 sites - 11 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction).

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante :

- sous-secteur **3.3** : 53,4% des flux du secteur 3 (32 GIDIC concernés - 192 mesures - 5 sites dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 1 dont le seuil est supérieur au seuil réduction).
Le flux moyen réglementaire total formaté est de 47,4 g/j pour le sous secteur 3.3.
- sous-secteur **3.1** : 42,5% du secteur 3 (37 GIDIC concernés - 192 mesures - 5 sites dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 1 dont le seuil est supérieur au seuil réduction). Le flux moyen réglementaire total formaté est de 37,7 g/j pour le sous secteur 3.1.
- sous-secteur **3.2** : 3,2% du secteur 3 (13 GIDIC concernés - 72 mesures - 1 site dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; aucun dont le seuil soit supérieur au seuil réduction). Le flux moyen réglementaire total formaté est de 2,8 g/j pour le sous secteur 3.2.
- sous secteurs **3.4 & 3.5** : 0% (respectivement 13 et 16 GIDIC concernés)

Note : le cadmium ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de cadmium de l'ensemble de ce sous-secteur.

Répartition des flux en cadmium total dans les rejets industriels (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Le cadmium est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (88,73 g/j), le cadmium est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

- 3.3** - Unités d'incinération des ordures ménagères (5 rejets supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction, flux total de 47 g/j)
- 3.1** - Regroupement et traitement des déchets dangereux (5 rejets supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction, flux total de 38 g/j),
- 3.2** - Installations de stockage de déchets non dangereux (1 rejet supérieur au seuil surveillance, flux de 3 g/j), bien que les données disponibles ne soient pas représentatives des flux de l'ensemble de ce sous-secteur

Note : cet avis pourra être infirmé ou confirmé à la suite de l'ajout des autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Présence dans l'environnement

Selon le rapport du BRGM sur le bruit de fond géochimique des éléments métalliques dans les eaux (Ghestem, et al., 2008), les niveaux de concentration en cadmium dans les eaux françaises sont de 0,003 à 0,077 µg/l (avec un maximum observé de 1,25 µg/l).

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Présence dans des déchets identifiés comme contenant potentiellement des teneurs en cadmium (et composés du cadmium) significatives (se reporter au tome 1 de l'étude § 4.5.1 et annexe 3)****01 - Mines et carrières**

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Métaux associés aux déchets de forage

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux**

01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure

01 03 05* autres stériles contenant des substances dangereuses

01 03 07* autres déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 04 07* déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des substances dangereuses

03 - Bois – Papiers, cartons

- Métaux présents sous forme de pigments dans les produits de finition de panneaux et meubles

Présence certaine du cadmium dans les déchets suivants :**03 Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton**

- 03 02 Déchets des produits de protection du bois
- 03 02 04* composés inorganiques de protection du bois

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**03 Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton**

- 03 01 Déchets provenant de la transformation du bois et de la fabrication de panneaux et de meubles
- 03 01 04* sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages contenant des substances dangereuses

04 - Textile, cuir

- Métaux (Cd, Cr, Cu, Ni) présents sous forme de pigments

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**04 Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile**

- 04 02 Déchets de l'industrie textile
- 04 02 16* teintures et pigments contenant des substances dangereuses
- 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

06 - Chimie minérale

- Métaux lourds présents dans certains sels
- As, Hg et autres métaux présents des certains déchets contenant des métaux
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**06 Déchets des procédés de la chimie minérale**

- 06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
- 06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds
- 06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds
- 06 04 Déchets contenant des métaux autres que ceux visés à la section 06 03
- 06 04 05* déchets contenant d'autres métaux lourds
- 06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
- 06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
- 06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

07 - Chimie organique de base

- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments

08 – Produits de revêtement (peintures, vernis), mastics, encres

- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments
- Certains métaux présents dans des toners d'impression (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**08 Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression**

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
- 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
- 08 01 13* boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis
- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
- 08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des substances dangereuses

10 – Procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine du cadmium dans les déchets suivants :**10 Déchets provenant de procédés thermiques**

- 10 05 Déchets provenant de la pyrométallurgie du zinc
- 10 05 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
- 10 05 03* poussières de filtration des fumées
- 10 05 05* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
- 10 05 06* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**10 Déchets provenant de procédés thermiques**

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
- 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière visées à la rubrique 10 01 04)
 - 10 01 02 cendres volantes de charbon
 - 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 - 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 - 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération contenant des substances dangereuses
 - 10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération contenant des substances dangereuses
 - 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des substances dangereuses
 - 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
 - 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des substances dangereuses
- 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
- 10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
 - 10 02 02 laitiers non traités
 - 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
 - 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 02 07
 - 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
 - 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 02 11
 - 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
- 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
- 10 04 04* poussières de filtration des fumées
 - 10 04 05* autres fines et poussières
 - 10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
 - 10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
- 10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
 - 10 09 11* autres fines contenant des substances dangereuses
- 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
- 10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
 - 10 10 11* autres fines contenant des substances dangereuses
- 10 11 Déchets provenant de la fabrication du verre et des produits verriers
- 10 11 11* petites particules de déchets de verre et poudre de verre contenant des métaux lourds (par exemple, tubes cathodiques)

11 – Traitement chimique de surface

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux**

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
- 11 01 05* acides de décapage
 - 11 01 06* acides non spécifiés ailleurs
 - 11 01 07* bases de décapage
 - 11 01 08* boues de phosphatation
 - 11 01 09* boues et gâteaux de filtration contenant des substances dangereuses
 - 11 01 10 boues et gâteaux de filtration autres que ceux visés à la rubrique 11 01 09
 - 11 01 11* liquides aqueux de rinçage contenant des substances dangereuses
 - 11 01 15* éluats et boues provenant des systèmes à membrane et des systèmes d'échange d'ions contenant des substances dangereuses
 - 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
- 11 02 Déchets provenant des procédés hydrométallurgiques des métaux non ferreux
- 11 02 02* boues provenant de l'hydrométallurgie du zinc (y compris jarosite et goéthite)

12 – Traitement physique de surface**Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :****12 Déchets provenant de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques**

- 12 01 Déchets provenant de la mise en forme et du traitement mécanique et physique de surface des métaux et matières plastiques
- 12 01 03 limaille et chutes de métaux non ferreux
 - 12 01 04 fines et poussières de métaux non ferreux
 - 12 01 13 déchets de soudure
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des substances dangereuses
 - 12 01 15 boues d'usinage autres que celles visées à la rubrique 12 01 14
 - 12 01 16* déchets de grenailage contenant des substances dangereuses
 - 12 01 18* boues métalliques (provenant du meulage et de l'affûtage) contenant des hydrocarbures
 - 12 01 20* déchets de meulage et matériaux de meulage contenant des substances dangereuses

13 – Huiles usagées

- Métaux et HAP présents dans des huiles moteurs

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**13 Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)**

13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées

- 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
- 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
- 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
- 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
- 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

15 – Emballages

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs**

15 01 Emballages et déchets d'emballages (y compris les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

- 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 – Déchets non décrits ailleurs

- Métaux, BTEX, diphenyléther polybromés présents dans des VHU
- Métaux, BTEX présents dans des filtres à huile
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Nickel et cadmium dans les accumulateurs Ni/Cd
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence certaine du cadmium dans les déchets suivants :**16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste**

16 06 Piles et accumulateurs

- 16 06 02* accumulateurs Ni-Cd

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste**

16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (y compris machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chapitres 13, 14, et section 16 06 et 16 08)

16 01 04* véhicules hors d'usage

16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux

16 01 07* filtres à huile

16 01 18 métaux non ferreux

16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques

16 02 13* équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que ceux visés aux rubriques 16 02 09 à 16 02 12

16 02 15* composants dangereux retirés des équipements mis au rebut

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, y compris les mélanges de produits chimiques de laboratoire

16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut

16 06 Piles et accumulateurs

16 06 06* électrolyte de piles et accumulateurs collectée séparément

16 08 Catalyseurs usés

16 08 03 catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition non spécifiés ailleurs

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des substances dangereuses

17 – Déchets de construction et démolition

- Divers polluants métalliques, organiques, minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :**17 Déchets de construction et de démolition (y compris déblais de sites contaminés)**

17 05 Terres (y compris déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des substances dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des substances dangereuses

19 – Déchets de gestion de déchets

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- Métaux dans les cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées

Note concernant les boues de stations d'épuration : le taux d'élimination du cadmium dans une station d'épuration urbaine est supérieur à 60 % et, la majorité du cadmium arrivant via les effluents, le cadmium est donc transféré dans les boues de la station (INERIS, 2005)

Présence certaine du cadmium dans les déchets suivants :

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
- 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
- 19 01 13* cendres volantes contenant des substances dangereuses

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
 - 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
 - 19 01 11* mâchefers contenant des substances dangereuses
 - 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des substances dangereuses
 - 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des substances dangereuses
 - 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que ceux visés à la rubrique 19 01 17
- 19 02 Déchets provenant des traitements physico-chimiques des déchets (y compris déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 04* déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
 - 19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des substances dangereuses
- 19 03 Déchets stabilisés/solidifiés (4)
 - 19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement(5) stabilisés
 - 19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés
- 19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification
 - 19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée
- 19 05 Déchets de compostage
 - 19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
 - 19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
 - 19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
 - 19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds
- 19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux
 - 19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des substances dangereuses
 - 19 10 05* autres fractions contenant des substances dangereuses

- 19 12 Déchets provenant du traitement mécanique des déchets (par exemple, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
 - 19 12 11* autres déchets (y compris mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des substances dangereuses
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 - 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses

20 –Déchets municipaux

- Métaux dans des acides usés
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément
- Métaux dans des équipements électriques et électroniques collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues
- Lumières d'urgence et détecteurs de fumées (Cd, Pb)

Présence certaine du cadmium dans les déchets suivants :

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et déchets assimilés provenant des commerces, des industries et des administrations), y compris les fractions collectées séparément

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 33* piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 et 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant ces piles

Présence possible de cadmium dans les déchets suivants :

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et déchets assimilés provenant des commerces, des industries et des administrations), y compris les fractions collectées séparément

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 14* acides
 - 20 01 21* tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure
 - 20 01 27* peinture, encres, colles et résines contenant des substances dangereuses
 - 20 01 35* équipements électriques et électroniques mis au rebut contenant des composants dangereux, autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21 et 20 01 23
- 20 03 Autres déchets municipaux
 - 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX DE SURFACE (AQUAREF, 2010)****Prélèvements et conditionnement**

Flacons destinés à l'analyse : Flacons en plastique (PEBD, PP) ou téflon (FEP, PFA) non pigmentés. Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon. Vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre. Un contrôle des flacons doit être réalisé (blanc de flaconnage) par les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot.

Matériel de prélèvement : Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever. Éviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoir, louches, etc...) pour le remplissage des flacons. Rincer le matériel de prélèvement et les flacons trois fois avec l'eau à prélever. Bannir les matériaux pigmentés au contact direct de l'échantillon (matériaux non inertes)

Privilégier les matériaux en plastique (PEBD, PP) ou téflon (FEP, PFA)

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Prétraitement et transport : Filtration obligatoire à 0,45 µm (à réaliser de préférence sur site si le personnel a suivi une formation adéquate ou à défaut, au laboratoire dans les 24 h suivant le prélèvement).

Si la filtration est effectuée sur site : stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée après filtration et transport à température ambiante.

Si la filtration n'est pas effectuée sur site : Se conformer à la partie "Au laboratoire - Prétraitement"

Transport en glacière à 5 ± 3°C dans les 24 h après le prélèvement.

Extraction / préparation au laboratoire

Prétraitement : filtration à 0,45 µm, si non réalisée sur le terrain. Stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée "pour analyse de traces" (1<pH<2).

Conservation : les échantillons peuvent être conservés *au minimum*⁴⁶⁴ 1 mois à température ambiante après filtration et stabilisation.

Dosage

Limite de quantification :

- ICP/MS (toutes les classes) : NQE atteignable
- Absorption Atomique Four (GF-AAS) (classe 5⁴⁶⁵ pour les NQE) : NQ atteignable mais NQ/3 non atteignable
- 3/ ICP-AES et AAS-flamme : NQ non atteignable

Méthodes analytiques

NF EN ISO 15586 (2004) (Qualité de l'eau) : Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (GF-AAS)

Limite de quantification usuelle : 0,25 µg/l

⁴⁶⁴ "minimum" : formulation vérifiée sur le document - "maximum" semblerait plus pertinent.

⁴⁶⁵ Classe 5 : teneurs en CaCO₃ ≥ 200 mg/L

NF EN ISO 11885 (1998) (Qualité de l'eau) Dosage d'éléments choisis par spectrométrie d'émission atomique avec plasma induit haute fréquence (ICPAES)

Limite de quantification usuelle : 2,5 µg/l

NF EN ISO 17294-2 (2005) (Qualité de l'eau) Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) - Partie 2 : Dosage de 62 éléments

Limite de quantification usuelle : 0,02 µg/l

NF EN ISO 5961 (1995) (Qualité de l'eau) Dosage du cadmium par absorption atomique (GF-AAS et AAS-flamme)

Limite de quantification usuelle : AAS flamme : 20 µg/l - GF-AAS : 0,25 µg/l

Incertitudes usuelles pour une matrice "eau" filtrée à 0,45 µm

ICP-AES : 10% (à une concentration de 121 µg/L - eau certifiée MDR TMDA 53,2)

ICP-MS : 10% (à une concentration de 23 µg/L - eau SRM 1640)

ICP-MS : 15% (à une concentration de 0,2 µg/L - MDR TM28-3)

AUTRES METHODES D'ANALYSES

Des méthodes d'analyse du cadmium dans les eaux et d'autres matrices sont accessibles dans une base de données dédiée à la spéciation. <http://www.speciation.net/Database/Links/all-about-cadmium.html>

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Le cadmium et ses composés n'entrant pas directement dans les process des industries du secteur des déchets, aucune substitution ou changement de process n'a été identifié.

Produits de substitution

- **Secteur Fabrication d'accumulateurs et de piles :** (RMC, 2010). Note fiabilité : 3

Le couple nickel cadmium a déjà en grande partie été remplacé par différentes technologies adaptées aux petits appareils légers (technologies autour du lithium et du nickel, par exemple le Ni-MH (nickel métal hydrure) utilisé pour les téléphones, ordinateurs portables, les outils portables). La substitution devrait se poursuivre, également par des batteries au lithium, ce qui devrait conduire à une baisse des consommations globales de cadmium en France. Pour les appareils plus lourds, le remplacement des batteries Ni-Cd par des Ni-MH serait envisageable.

Pour les industries, aucune solution de substitution ne serait disponible.

- **Autre secteur majoritaire :** Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Il n'existe pas de substitut du cadmium et de ses composés en mono-pigmentaire. L'interdiction de ces substances induirait la disparition de certaines teintes qui seraient remplacées par des imitations moins bonnes pour les artistes.

Il semble que le Cd soit aisément substituable dans les plastiques de grande consommation et que cette substitution a déjà été effectuée en Europe, sauf cas particulier.

- **Industrie du traitement, revêtement de surface :** (RMC, 2010). Note fiabilité : 3

Dans certains cas, il est possible de remplacer des solutions de Cd par du Zn

Certains procédés mécaniques utilisant du zinc pour certains aciers.

Il semble que le Cd n'est utilisé que dans les domaines de l'aéronautique et du militaire, dans ces secteurs, les solutions alternatives sont les suivantes :

- alliage de zinc dans les bains aqueux (avec du Ni, Co, Fe, Sn), mais qui présenteraient pour certains l'inconvénient majeur de nécessiter un second revêtement en chrome pour améliorer la résistance à la corrosion
- aluminium dans des bains organiques. La nécessité de recourir à un bain organique (solution de toluène pour le procédé Alumiplat™ peut être un inconvénient environnemental (RMC, 2010)
- aluminium sous forme de vapeur ionisée (développé par Mc-Donell Douglas, utilisé dans l'industrie aéronautique). Le dépôt d'une couche de chrome serait encore nécessaire pour améliorer les caractéristiques anti-corrosions
- aluminium ou zinc dans les céramiques ou des polymères. Cependant, ces procédés n'ont pas des performances aussi bonnes que les bains de Cd.

Changement de process

- **Fabrication industrielle par transformation chimique d'engrais simple ou composés à base de phosphore, d'azote et de potassium :**

Des recherches en Allemagne auraient conclu à l'impossibilité de séparer le cadmium des nitrophosphates. Pour les autres types de phosphates, des essais de procédés alternatifs avec extraction du cadmium par solvants amine-kérosène ont été menés et le surcoût associé à ce procédé a été évalué.(RMC, 2010)

Le BREF "Chimie inorganique" (Commission Européenne, 2004) mentionne la possibilité d'isoler des impuretés comme le cadmium lors de la production d'acide phosphorique par voie humique, avec une extraction liquide-liquide, mais il ne s'agit pour l'instant que d'une technique "émergente". Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Recyclage

C'est une façon d'éviter les rejets associés aux batteries. Les systèmes de recyclage ont cependant des limites: sur la base de diverses expériences en Europe, estime qu'un taux maximal de recyclage est de 60% pour les petites piles et accumulateurs. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Coagulation, Floculation, Décantation

Cette technique est couramment appliquée notamment dans le secteur du traitement de surfaces. Elle permet un fort abattement pour des eaux chargées (> 1 mg/l). Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Afin d'atteindre des seuils de rejets plus faibles en métaux lourds des produits utilisant le TMT (ou de dithiocarbamate, etc.) sont de plus en plus souvent utilisés. Ces produits insolubilisant ou précipitant de métaux lourds trouvent naturellement leurs utilités dans les installations d'incinération. L'ajout de faibles quantités d'insolubilisant dans l'installation de traitement des eaux de lavage des fumées permet de précipiter avec assurance et d'éliminer les liaisons complexes de cadmium. (REX ARCADIS)

Coagulation

Dans les eaux usées issues de l'industrie chimique, le taux d'élimination du cadmium et de ses composés sous influence de la coagulation est de 98 % (BREF Traitement des eaux - dans (INERIS, 2005).

Traitement membranaire

Cette technique peut donner de bons résultats sous réserve de le pousser jusqu'à l'osmose. (RMC, 2010)

Traitement complémentaire

La technique précédemment citée ne permet toutefois pas d'atteindre les objectifs de la DCE (50 µg/l sur la base de 10xNQE). Un traitement complémentaire peut donc être nécessaire (traitement membranaire par exemple). Il faut noter également que les métaux sont également transférés dans les boues des stations biologiques qui constituent par conséquent un traitement à part entière (RMC, 2010)

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique (Choubert, et al., 2011)

Selon le projet AMPERES des rendements supérieurs à 70% peuvent être obtenus pour les procédés de traitement secondaires suivants :

- ✓ Décantation primaire + boues activées moyenne charge
- ✓ Décantation primaire + boues activées moyenne charge + bio filtre 1er étage
- ✓ Décantation primaire + boues activées aération prolongée
- ✓ Décantation primaire + lagune
- ✓ Lit bactérien + filtre écoulement vertical

Traitement par échange d'ions

L'échange d'ions est employé pour éliminer le cadmium et ses composés (avec des concentrations d'alimentation faibles des eaux usées) (CWW, Février 2003)

Des résines complexantes ou chélatante sont utilisées dans le traitement des eaux chargées en métaux. En utilisant des techniques de polymérisation et d'activation, il est possible de greffer sur un polymère donné une grande variété de groupes fonctionnels, et plus particulièrement ceux permettant la fixation sélective des métaux (de Dardel, 1998).

Les groupes iminodiacétique, aminophosphonique et amidoxime forment avec les métaux des complexes dont la stabilité dépend notamment du pH de la solution. En faisant varier celui-ci, il est donc possible de fixer sélectivement certains métaux.

REFERENCES

AQUAREF Cadmium [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - Version du 27/09/2010.

Ag S-N Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie [Rapport] = Guide des substances toxiques / Agence de l'eau Seine-Normandie. - 2008. - p. 271 pages. - téléchargeable à : <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5327>. - ISBN 978-2-9523536-2-5. **AQUAREF** Cadmium [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - Version du 27/09/2010.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en fili ères convent ionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

de Dardel François Echange d'ions - technologies d'applications [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 1998. - Vol. j2784.

Ghestem JP, Cruzet C et Girardot N Estimation des fonds géochimiques en éléments traces des eaux de surface continentales et des eaux souterraines : cahier des charges pour l'analyse et le prélèvement. [Rapport] : Version 0. - [s.l.] : BRGM, 2008. - p. 44 pages . - 6 Tableaux, 1 Annexe. - RP-56835-FR .

INERIS Cadmium [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/glossaire/view/letter/C>.

INERIS Cadmium et dérivés - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - version n°1 - mai 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 25 pages.

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/> .

CHROME ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF

Symbole : Cr
N° CAS : 7440-47-3

Famille : métaux
 métaux de transition groupe 6
 métaux lourds

Propriétés physico-chimiques :

Niveau d'oxydation : (0) à l'état métal (INERIS, 2011)
Masse molaire : 51,996 g/mol (INERIS, 2011)
Solubilité dans l'eau : insoluble (INERIS, 2011)
Pression de vapeur : 990 Pa à 1 856,9°C (RMC, 2010)
 non concerné (INERIS, 2005)

Point éclair : - -
Temps de ½ vie dans le sol : sans objet (composé inorganique)
Temps de ½ vie dans l'eau de surface : sans objet (composé inorganique)
Constante de Henry : sans objet (composé inorganique)
Log Kow : sans objet (composé inorganique)
Koc : sans objet (composé inorganique)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Oxydant fort suivant les conditions de pH
- L'oxyde de chrome est incompatible avec les alcools, les hydrocarbures, l'acide acétique, l'acide nitrique concentré, le camphre, la glycérine, la naphthaline, la benzine de pétrole, le peroxyde d'hydrogène, les liquides inflammables (Carlo Erba, 2009)

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA⁴⁶⁶ : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA**⁴⁶⁷ : absence de donnée
NQE_p milieu aquatique : bruit de fond géochimique + 3,4 µg/l Circulaire du 07/05/07⁴⁶⁸
LQ circ 05/01/09⁴⁶⁹ = 5 µg/l (Cr & composés) **Note** : NQE / LQ compatibles
PNEC_{eau douce} Cr VI : 4,1 µg/L (INERIS, 2005) **PNEC_{eau douce} Cr III** : 4,7 µg/L (INERIS, 2005)
Note : Le chrome inorganique présente des états d'oxydation différents et existe également sous différentes formes organiques (Donard, et al., 2007) Le niveau de toxicité est spécifique à chaque forme chimique : Cr(III) nécessaire à la vie à Cr(VI) cancérigène.

Occurrence du chrome dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 - campagne en cours - données novembre 2011)

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1 844,4 g/j** soit 1,8 kg/j (202 sites - 1 084 mesures - 8 flux supérieurs au seuil surveillance, 6 supérieurs au seuil réduction)
Selon ces données, le chrome est une substance d'intérêt pour les sous secteurs 3.1, 3.2 et 3.5.

Traitabilité - résumé (se reporter aux fiches "traitement" correspondantes)

Le chrome est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible d'être détruite par un traitement.
 Dans les effluents, le chrome peut être éliminé par adsorption (pour atteindre les objectifs de la DCE : 50µg/l, un traitement complémentaire peut être nécessaire (traitement membranaire ou charbon actif par exemple) ; par coagulation, floculation, décantation puis floculation et séparation solide/liquide ; précipitation et filtration sur sable. Le chrome peut aussi être éliminé des eaux usées par échangeur d'ions, électrodialyse. En traitement de finition : filtres à sables, osmose inverse, lagunage, rhyzofiltration.

⁴⁶⁶ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

⁴⁶⁷ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

⁴⁶⁸ Circulaire du 07/05/07 définissant les "normes de qualité environnementale provisoires (NQE_p)" publiée au BO du MEEDDM n° 2007-15 du 15 août 2007 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/version_imprimable/2.250.190.28.8.2715/false

⁴⁶⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

DESCRIPTIF COMPOSES DU CHROME

Le chrome a de nombreux composés - la liste ci-dessous n'est pas exhaustive.

Nom	Formule	n° CAS	Synonymes
dichromate d'ammonium	(NH ₄) ₂ CrO ₄	7788-98-9 7789-09-5	Acide chromique [H ₂ Cr ₂ O ₇] sel de diammonium Dichromate de diammonium Di-ammonium chromate hepta-oxide
dichromate de potassium	K ₂ Cr ₂ O ₇	7789-50-9	Acide chromique [H ₂ Cr ₂ O ₇] sel de dipotassium Dipotassium dichromate Dipotassium dichromium hepta-oxide Lopezite
dichromate de sodium	Na ₂ Cr ₂ O ₇ Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·7H ₂ O H ₂ Cr ₂ O ₇	7789-12-0 10588-01-9	Bichromate de sodium Disodium chromate Disodium dichromium hepta-oxide
trioxyde de chrome	CrO ₃	1333-82-0	Ion chromique Oxyde chromique Chrome (IV) Chromic anhydride Chromic trioxide Chromium oxide Chromium trioxide
chromate de plomb	CrH ₂ O ₄ Pb	7758-97-6	Chromate de plomb (2 ⁺) C.I. Pigment Yellow 34 Crocoite Chrome yellow light 1066 Chrome yellow medium 1295 Jaune de Cologne Jaune de Liepzig Jaune de Paris Jaune de chrome etc.
chromate de fer	FeCrO ₄		
chromate de plomb	PbCrO ₄	7758-97-6	
chromate de zinc	ZnCrO ₄	13530-65-9	
sulfochromate de plomb	PbCrO ₄ , PbSO ₄	1344-37-2	C.I. Pigment Yellow 34 Jaune de sulfochromate de plomb C.I. 77600 C.I. 77603
rouge de chromate de molybdate et de sulfate de plomb		12656-85-8	C.I. Pigment Red 104 C.I. 77605
chlorure chromeux	CrCl ₂	10049-05-5	
sulfate chromeux	CrSO ₄	non identifié	
sulfate chromique	Cr ₂ (SO ₄) ₃	10101-53-8	tri-sulfate de dichrome
acide chromique	CrO ₃	1333-82-0	
acide chromique	H ₂ CrO ₄	7738-94-5	
chromate de sodium	Na ₂ CrO ₄	7775-11-3	Monochromate de sodium Chromium disodium oxide Disodium chromate Chromium sodium oxide Disodium chromium tetraoxyde
chromate de potassium	K ₂ CrO ₄	7789-50-6	Dipotassium chromate Dipotassium monochromate Chromate de potassium neutre Chromate de potasse Acide chromique dipotassium (sel)
chromate de strontium	SrCrO ₄	7789-06-2	C.I. Pigment Yellow 32 Deep Lemon Yellow, Strontium Yellow
chromate de calcium	CaCrO ₄	13765-19-0	

Il existe d'autres composés tels que les bromures de chrome (de valence II, III et IV), le picolinate de chrome (III), le chrome-carbonyle, les chlorures de chrome (de valence III et IV), les fluorures de chrome (de valence II, III, IV, V et VI), les iodures de chrome (de valence II, III et IV), le nitru de chrome (III), le nitrate de chrome (III) anhydride ou nonahydraté, le dioxyde de chrome (IV), le phosphate de chrome (III), le sulfure de chrome et le sulfure de chrome (III), le séléniure de chrome, le

tellure de chrome (III), le carbure de chrome (II), l'oxyde de chrome (état d'oxydation compris entre II et III), l'acétate de chrome Cr₂(CH₃COO)₄(H₂O)₂ et le chlorochromate de pyridinium PCC (Cr VI) C₅H₆ClCrNO₃. Certains colorants azoïques contiennent également du chrome tel que le mélange de C₃₉H₂₃ClCrN₇O₁₂S, 2Na et de C₄₆H₃₀CrN₁₀O₂₀S₂, 3Na. (INERIS, 2011)

Propriétés physico-chimiques :

formule	dichromate d'ammonium (NH ₄) ₂ CrO ₄	dichromate de potassium K ₂ Cr ₂ O ₇	dichromate de sodium Na ₂ Cr ₂ O ₇	trioxyde de chrome Cr ₂ O ₃	chromate de strontium SrCrO ₄
n° CAS	7788-98-9	7789-50-9	dihydraté 7789-12-0 anhydre 10588-01-9	1333-82-0	7789-06-2
Niveau d'oxydation	VI	VI	VI	III	VI
Masse molaire	252,07g/mol ⁽⁶⁾	294,18 g/mol ⁽⁴⁾	261,97 g/mol ⁽⁴⁾	99,99g/mol ⁽²⁾	203,61g/mol ⁽¹⁾
Solubilité dans l'eau	308g/l 15°C ⁽³⁾	49g/l à 0°C ⁽³⁾ 45g/l à 20°C ⁽⁷⁾	2300g/l 0°C ⁽³⁾ 1800g/l 20°C ⁽⁴⁾	env. 1 667g/l à 20°C ⁽²⁾	1,2 g/l - 15°C ⁽⁴⁾ 1,2 g/l - 20°C ⁽¹⁾ 30 g/l - 100°C ⁽¹⁾

formule	chromate d'ammonium NH ₄ CrO ₄	chromate de potassium K ₂ CrO ₄	chromate de calcium CaCrO ₄	acide chromique CrO ₃	chromate de sodium Na ₂ CrO ₄
n° CAS		7789-50-6	13765-19-0	1333-82-0	7775-11-3
Niveau d'oxydation		VI	VI	VI	VI
Masse molaire	152,07 g/mol ⁽⁴⁾	194,19 g/mol ⁽⁴⁾	156,07 g/mol ⁽⁴⁾		161,97 g/mol ⁽⁴⁾
Solubilité dans l'eau	405g/l/30°C ⁽⁴⁾	629g/l 20°C ⁽³⁾	16,3 g/l 20°C ⁽⁴⁾ 22,3g/l 20°C ⁽³⁾	617g/l à 0°C ⁽³⁾	873g/l 30°C ⁽³⁾ 530g/l 20°C ⁽⁵⁾

formule	chromate de baryum BaCrO ₄	chromate de plomb PbCrO ₄	chromate de fer FeCrO ₄	chromate de zinc ZnCrO ₄	sulfochromate de plomb PbCrO ₄ PbSO ₄
n° CAS		7758-97-6		13530-65-9	1344-37-2
Niveau d'oxydation				VI	
Masse molaire	253,32 g/mol ⁽⁴⁾	323,19 g/mol ⁽⁴⁾	331,73 g/mol ⁽⁴⁾	181,36 g/mol ⁽⁴⁾	
Solubilité dans l'eau	3,4mg/l/160°C ⁽⁴⁾	0,058mg/l 25°C ⁽⁴⁾ 0,2 mg/l - ?°C ⁽¹⁰⁾	14mg/l ?°C ⁽⁴⁾	insoluble ⁽⁴⁾	<0,01mg/l 20°C ⁽⁹⁾

formule	rouge de chromate molybdate et de sulfate de plomb CrCl ₂	chlorure chromeux CrSO ₄	sulfate chromeux Cr ₂ (SO ₄) ₃	sulfate chromique H ₂ CrO ₄	acide chromique
n° CAS	12656-85-8	10049-05-5	non identifié	10101-53-8	7738-94-5
Niveau d'oxydation		II		III	VI
Masse molaire					
Solubilité dans l'eau					

- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_msca_strontiumchromate_ec_232-142-6.pdf (ECHA)
- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/supdoc_chromiumtrioxide.pdf (ECHA)
- <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0144tr.pdf#page=53> (EPA, 1998)
- <http://www.cdc.gov/niosh/review/public/144/pdfs/DRAFT-Criteria-Documents-Occupational-Exposure-to-Hexavalent-Chromium.pdf> (NIOSH, 2008) p18
- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_sodium_chromate_publication.pdf (ECHA)
- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_ammonium_dichromate_publication.pdf (ECHA)
- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_potassiumdichromate_publication.pdf (ECHA)
- <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~plB5qO:1> (TOXNET)
- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_lead_sulfochromate_publication.pdf (ECHA)
- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_lead_chromate_publication.pdf (ECHA)
- http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_sodium%20dichromate_publication.pdf (ECHA)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

	formule	propriétés oxydantes	décomposition
dichromate d'ammonium	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	oxydant ⁽⁶⁾ corrosif ⁽⁶⁾	Décomposition à 170°C ⁽⁴⁾ Décomposition à 180°C ⁽⁶⁾
dichromate de potassium	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	oxydant ⁽⁷⁾ corrosif ⁽⁷⁾	Décomposition à 500°C ⁽⁴⁾ Réactions explosives avec l'hydrazine ⁽⁸⁾
dichromate de sodium	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	oxydant ⁽¹¹⁾ corrosif ⁽¹¹⁾	Décomposition à 400°C sous sa forme anhydre ⁽⁴⁾
trioxyde de chrome	Cr_2O_3	oxydant ⁽²⁾ corrosif ⁽²⁾	Dissociation dans l'eau selon un équilibre entre le trioxyde de chrome, l'acide chromique et l'acide dichromique - l'équilibre dépend du pH ⁽²⁾ Décomposition en oxyde de chrome (III) et O_2 à environ 250°C ⁽²⁾
chromate de strontium	SrCrO_4	oxydant ⁽¹⁾	Décomposition en oxyde de chrome (III) à environ 500°C ⁽¹⁾
chromate d'ammonium			Décomposition à 180°C ⁽⁴⁾
chromate de potassium	K_2CrO_4	oxydant fort ¹²	Décomposition à 968°C ⁽⁴⁾
chromate de calcium	CaCrO_4	oxydant fort ¹²	
acide chromique	H_2CrO_4		
chromate de sodium	Na_2CrO_4	oxydant fort ¹²	
chromate de baryum	Ba_2CrO_4	oxydant fort ¹²	
chromate de plomb	$\text{CrH}_2\text{O}_4\text{Pb}$		Décomposition à 844°C ⁽⁴⁾
sulfochromate de plomb	$\text{Pb}(\text{Cr}_2\text{S})\text{O}_4$		

(1) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_msca_strontiumchromate_ec_232-142-6.pdf

(2) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/supdoc_chromiumtrioxide.pdf

(3) <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0144tr.pdf#page=53> (EPA, 1998)

(4) <http://www.cdc.gov/niosh/review/public/144/pdfs/DRAFT-Criteria-Document-Update-Occupational-Exposure-to-Hexavalent-Chromium.pdf> (NIOSH, 2008) p18

(5) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_sodium_chromate_publication.pdf (ECHA)

(6) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_ammonium_dichromate_publication.pdf (ECHA)

(7) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_potassiumdichromate_publication.pdf (ECHA)

(8) <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~plB5qO:1> (TOXNET)

(9) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_lead_sulfochromate_publication.pdf (ECHA)

(10) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_lead_chromate_publication.pdf (ECHA)

(11) http://echa.europa.eu/doc/candidate_list/svhc_supdoc_sodium%20dichromate_publication.pdf (ECHA)

(12) http://echa.europa.eu/documents/10162/17232/svhc_axvrep_france_cm_r_potassium_chromate_en.pdf (ECHA, 2010)

Les oxydes de chrome sont incompatibles avec l'acide acétique, les alcools, la benzine de pétrole, le camphre, la glycérine, les liquides inflammables, et la naphthaline. (Mc Gill University, 2010)

Dans l'eau, la solubilité du chrome VI est importante alors que le chrome III est généralement peu soluble. (INERIS, 2005)

Dans les sols, le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement chrome III et un peu chrome VI. Le chrome VI est largement transformé en chrome III dans les sols, les sédiments (phénomène favorisé en conditions anaérobiques et à un pH faible). (INERIS, 2005)

Dans les sédiments et le sol, le chrome III s'adsorbe plus que le chrome VI. (INERIS, 2005)

REGLEMENTATION

- **DCE** : Substance dangereuse prioritaire (directive 2008/105/EC)⁴⁷⁰
 - Le chrome (et composés) n'est pas une substance prioritaire selon la DCE (absent de l'annexe I)
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁴⁷¹
 - Le chrome et ses composés ne sont pas mentionnés dans ce texte
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation (svhc)** (ECHA) :
 - Certains composés du chrome font partie de la liste de substances candidates pour être SVHC⁴⁷² 06/03/2010
 - le **dichromate de sodium** (n°CAS anhydre 10588-01-9 - 7789-12-0 dihydraté) Cancérogène (pigments, métallurgie, verre, cosmétiques).
 - le **chromate de plomb** (n°CAS 7758-97-6) Cancérogène et reprotoxique (utilisé pour des pigments industriels et des teintures. Nouvelle utilisations potentielles associées à la reconstitution de produits d'art).
 - le **rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de plomb** (C.I. Pigment Red 104) (n°CAS 12656-85-8) Cancérogène et reprotoxique (utilisé comme colorant rouge, colorant utilisé dans des secteurs comme le caoutchouc, le plastique et les peintures).
 - le **jaune de sulfochromate de plomb** (C.I. Pigment Yellow 34) (n°CAS 1344-37-2) Cancérogène et reprotoxique (utilisé comme colorant jaune, colorant utilisé dans des secteurs comme le caoutchouc, le plastique et les peintures)
 - le **chromate de sodium** (n°CAS 7775-11-3) cancérogène, mutagène et reprotoxique (utilisé comme intermédiaire dans la fabrication d'autres composés à base de chrome).
 - le **chromate de potassium** (n°CAS 7789-00-6) Cancérogène et mutagène (utilisé comme inhibiteur de corrosion dans le cadre du traitement et du revêtement des métaux, de produits chimiques et textiles, comme colorant en céramique, dans la fabrication de pigments et d'encres).
 - le **dichromate d'ammonium** (n°CAS 7789-09-5) Cancérogène, mutagène et reprotoxique (utilisé comme comburant, utilisé dans la fabrication d'écrans photosensibles et de mordants dans l'industrie du textile).
 - le **dichromate de potassium** (n°CAS 7778-50-9) Cancérogène, mutagène et reprotoxique (utilisé dans la fabrication de métaux chromés et comme inhibiteur de corrosion dans le traitement et le revêtement des métaux. Egalement utilisé comme mordants dans l'industrie du textile).
 - le **trioxyde de chrome** 1333-82-0 cancérogène, mutagène et reprotoxique (utilisé principalement dans les finitions métalliques et dans la fabrication des produits de préservation du bois. Utilisé dans la fabrication de catalyseur, de pigments, peintures, vernis.

⁴⁷⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁴⁷¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁴⁷² http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf

- **les acides issus du trioxyde de chrome et de ses oligomères : acide chromique, acide dichromique, oligomères d'acides chromique et dichromique** (n°CAS : 7738-94-5 ; 13530-68-2) cancérigène, mutagène et reprotoxique (utilisé principalement dans les finitions métalliques et dans la fabrication des produits de préservation du bois ; utilisé dans la fabrication de catalyseur, de pigments, peintures, vernis.
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances**⁴⁷³.
 - Annexe XVII p408: Composés du chrome - par dérogation, les substances et préparations de protection du bois peuvent seulement être mises en œuvre dans les installations industrielles utilisant le vide ou la pression pour l'imprégnation du bois s'il s'agit de solutions de composés inorganiques du type CCA (cuivre-chrome-arsenic) de type C. Le bois traité aux solutions CCA est mis sur le marché à l'usage professionnel et industriel lorsqu'il est [...] improbable que le public entre en contact cutané avec le bois au cours de sa durée de vie utile : le bois de charpente de bâtiments publics, agricoles, administratifs et industriels, les ponts et leurs ouvrages d'art, le bois d'œuvre dans les eaux douces et saumâtres, par exemple, les jetées et les ponts, les écrans acoustiques, les paravalanches, les glissières et barrières de sécurité du réseau autoroutier, les pieux de clôture pour animaux en conifère rond écorcé, les ouvrages de retenue des terres, les poteaux de transmission électrique et de télécommunications, les traverses de chemin de fer souterrain.
 - Annexe XVII p436 : Restrictions d'utilisation - Le ciment et les préparations contenant du ciment ne peuvent être utilisés ou mis sur le marché s'ils contiennent, lorsqu'ils sont hydratés, plus de 0,0002 % de chrome VI soluble du poids sec total du ciment.
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE**⁴⁷⁴ (extrait : de nombreuses autres substances organo-chromées sont aussi citées par ce texte)

	Catégorie de danger :	Codes danger	Dangers
Composés du chrome excepté le chromate de baryum et autres composés cités dans le texte	Carc. 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Trioxyle de chrome (VI)	Carc. 1A Muta 1B Repro. 2 Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H340 H361 f H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1A Mutagénicité sur les cellules germinales, cat. 1B Toxicité pour la reproduction, cat. 2 (fertilité) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Potassium dichromate	Carc. 1B Muta 1B Repro. 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H340 H360 FD H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Mutagénicité sur les cellules germinales, cat. 1B Toxicité pour la reproduction cat. 1B (fertilité - fœtus) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Ammonium dichromate	Carc. 1B Muta 1B Repro. 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H340 H360 FD H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Mutagénicité sur les cellules germinales, cat. 1B Toxicité pour la reproduction cat. 1B (fertilité - fœtus) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1

suite du tableau	Catégorie de danger :	Codes danger	Dangers
Sodium chromate	Carc. 1B Muta 1B Repro. 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H340 H360 FD H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Mutagénicité sur les cellules germinales, cat. 1B Toxicité pour la reproduction cat. 1B (fertilité - fœtus) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Sodium dichromate anhydre et dihydrate	Carc. 1B Muta 1B Repro. 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H340 H360 FD H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Mutagénicité sur les cellules germinales, cat. 1B Toxicité pour la reproduction cat. 1B (fertilité - fœtus) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Chromyl dichloride; Chromic oxychloride	Carc. 1B Muta 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 i H340 H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Mutagénicité sur les cellules germinales, cat. 1B Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Potassium chromate	Carc. 1B Muta 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 i H340 H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Mutagénicité sur les cellules germinales, cat. 1B Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Potassium & Zinc potassium chromate	Carc. 1A Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1A Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Strontium chromate	Carc. 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Dichromium trischromate	Carc. 1B Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H350 H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 1B Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Chromate de plomb	Carc. 2 Repro. 1A Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H351 H360 FD H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 2 Toxicité pour la reproduction cat. 1B (fertilité - fœtus) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Jaune de sulfochromate de plomb (CI 77603)	Carc. 2 Repro. 1A Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H351 H360 FD H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 2 Toxicité pour la reproduction cat. 1B (fertilité - fœtus) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Rouge de sulfochromate de molybdate et de de plomb (CI 77605)	Carc. 2 Repro. 1A Aquat. Acute 1 Aquat. Chronic 1	H351 H360 FD H400 H410	Cancérogénicité, cat. de danger 2 Toxicité pour la reproduction cat. 1B (fertilité - fœtus) Dangereux pr le milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr le milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁴⁷⁵
 - Le chrome et ses composés (substances minérales) ne sont pas concernés par ce texte
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 50 kg/an⁴⁷⁶

⁴⁷³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf> (annexe XVII - p395)

⁴⁷⁴ <http://www.ineris.fr/gesdoc/aida/file/text/7075.pdf>

⁴⁷⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / production**

Le chrome est un élément naturel qui n'existe pas à l'état natif. On le trouve dans les roches, sous forme de minerai. Le minerai le plus important est la chromite ($\text{Fe Cr}_2\text{O}_4$). (INERIS, 2005)

Utilisation

Le chrome et ses composés ont de nombreuses applications

Le Cr(VI) est utilisé principalement sous la forme de **dichromate de potassium**. Il est produit en chauffant à des températures élevées des minerais de chrome avec des cendres basiques et de la chaux, puis acidifié avec de l'acide sulfurique. (NIOSH, 2008). Le dichromate de potassium peut aussi être obtenu par décomposition d'une solution de dichromate de sodium avec du chlorure de potassium suivie d'une cristallisation sélective. (INERIS, 2005)

L'**acide chromique** peut être produit en faisant réagir une liqueur concentrée de dichromate de sodium avec de l'acide sulfurique. Les autres composés du Cr(VI) sont produits à partir du dichromate de sodium en ajustant le pH et en ajoutant d'autres composés. (NIOSH, 2008).

Le **trioxyde de chrome** est obtenu par réaction entre le dichromate de sodium et l'acide sulfurique suivant deux procédés : soit par une réaction isotherme entre acide sulfurique et solution de dichromate de sodium produisant un précipité. Celui-ci est concassé et trié pour obtenir la granulométrie souhaitée. Soit par réaction entre acide sulfurique et dichromate de sodium anhydre avec apport thermique éventuel produisant un mélange fondu de trioxyde de chrome et de bisulfate de sodium séparés par différence de densité. Le trioxyde de chrome fondu est refroidi avant d'être conditionné sous forme de paillettes. (INERIS, 2005)

Le **chromate de sodium** est produit par grillage de chromite en présence de carbonate de sodium à une température de l'ordre de 1 000 à 1 200 °C. Les produits obtenus sont refroidis et lavés. Le chromate de sodium est recueilli en solution après élimination des impuretés. Il est commercialisé sous cette forme ou cristallisé. (INERIS, 2005)

Le **dichromate d'ammonium** est obtenu par réaction entre le dichromate de sodium et le sulfate d'ammonium ou entre le trioxyde de chrome et l'ammoniaque. Les deux méthodes sont basées sur la cristallisation sélective du dichromate d'ammonium. (INERIS, 2005)

De nombreux produits manufacturés contiennent du chrome (VI) : des peintures et pigments primaires, des fournitures pour arts graphiques, des fongicides, des produits anticorrosion, ainsi que des produits de conservation du bois. On trouve du chrome dans les plastiques (colorant), les colorants azoïques, les encres, les ciments... (NIOSH, 2008) Il entre dans la composition d'aciers inoxydables, améliore la dureté des métaux et leur résistance à la corrosion. (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Le chrome n'entre pas dans les réactifs utilisés dans les process des industries du secteur des déchets.
- Le chrome éventuellement présent dans les déchets provient des déchets réceptionnés

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁴⁷⁷
 - Annexe 1 : le chrome fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (**Cr & composés**)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (**Cr**)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (**Cr & composés**)
 - 3.4 - Lavage de citernes (**Cr & composés**)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (**Cr**)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,5 µg/L
- **Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE**⁴⁷⁸
 - Le chrome et ses composés ne font pas partie de la liste des substances prioritaires de l'annexe I
- **Arrêté du 21/11/2010 (remplaçant l'arrêté du 07/12/07) établissant la liste des substances prioritaires ainsi que la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses**⁴⁷⁹ :
 - le chrome et ses composés ne font pas partie de la liste des substances prioritaires (annexe I)
 - le chrome et ses composés ne font pas partie de la liste des substances de l'annexe II (liste des substances figurant dans chaque catégorie mentionnée au I de l'article R 213-48-13 du code de l'environnement et concernées par la redevance pour pollutions diffuses visée à l'article L 213-10-8 du même code)

NEOFORMATION

Le chrome est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

⁴⁷⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁴⁷⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁴⁷⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ.L.2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁴⁷⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

Utilisation dans les autres secteurs industriels

Secteur des industries de la chimie

- Le **trioxyde de chrome**, le **dichromate d'ammonium**, le **dichromate de potassium** sont utilisés en particulier pour produire des catalyseurs
- Le chrome est utilisé comme intermédiaire chimique (RMC, 2010)
- le dichromate de sodium est utilisé (à 90%) pour la production d'oxyde de chrome(III) (ECHA)⁴⁸⁰

Raffinage, mélange et conditionnement, synthèse ou de transformation de produits pétroliers

Le chrome est utilisé comme catalyseur dans l'alkylation, le craquage catalytique des hydrocarbures, et comme additif dans les combustibles (RMC, 2010)

Des composés chromés sont utilisés comme catalyseurs pour plusieurs procédés et comme additif dans les combustibles

Autres industries du verre

- Utilisation du **dichromate de potassium** dans les verres (RMC, 2010)

Fabrication de peintures

Le **dichromate de potassium** entre dans la fabrication de teintures (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

Le chrome est utilisé dans la polymérisation (RMC, 2010)

Ennoblement textile

Le **dichromate de sodium**, et le **dichromate d'ammonium** sont utilisés dans le mordantage des textiles, dans les teintures (RMC, 2010)

Le chrome est utilisé pour l'imperméabilisation (RMC, 2010)

Blanchisserie

Le **dichromate de sodium**, et le **dichromate d'ammonium** sont utilisés dans le mordantage des textiles (RMC, 2010)

Utilisation de teintures avec des pigments contenant du Cr (RMC, 2010)

Sidérurgie

Le chrome entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux et d'alliages (RMC, 2010)

Fonderie de métaux non ferreux

Le chrome entre dans la composition de certains alliages (RMC, 2010)

Industrie du travail mécanique des métaux

Les composés chromés sont utilisés dans le traitement de surface (RMC, 2010)

Industrie du traitement, revêtement de surface

Le **dichromate de sodium** et le **trioxyde de chrome** sont employés pour la finition de l'état de surface des métaux (chromage électrolytique) (RMC, 2010)

Le chrome est utilisé pour le polissage et le traitement du métal (RMC, 2010)

⁴⁸⁰ document for sodium dichromate june 2009 http://echa.europa.eu/documents/10162/17232/na2cr2o7_en.pdf

Industrie de l'imprimerie

Le chrome est utilisé comme fixateur en photographie (RMC, 2010)

Le chrome est un composé de l'encre (RMC, 2010)

Activité vinicole

Utilisation de pesticides contenant du chrome (mineur) (RMC, 2010)

Traitement des cuirs et peaux

Utilisation du chrome dans le tannage du cuir (RMC, 2010) (usage en diminution)

Dans l'union européenne, 7% du dichromate de sodium sert au tannage des cuirs (ECHA)⁴⁸¹

Installation de mise en œuvre de produits de préservation ou du traitement du bois

Le **dichromate de sodium**, le **trioxyde de chrome**, et le **dichromate de potassium** sont utilisés dans la fabrication des produits de conservation du bois (RMC, 2010)

Industrie de poudres et explosifs

Le **dichromate de potassium** est utilisé dans les explosifs (RMC, 2010)

Extraction par la vapeur des parfums, huiles essentielles et arômes

Utilisation du **dichromate de potassium** dans la fabrication de parfums synthétiques (RMC, 2010)

Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires

Le chrome entre dans la fabrication de pesticides, fongicides (RMC, 2010)

Fabrication d'accumulateurs et de piles

Le **dichromate de potassium** est utilisé dans les batteries électriques (RMC, 2010)

Autres secteurs majoritaires

Le **dichromate de sodium** est utilisé comme intermédiaire de synthèse des vitamines K (RMC, 2010), par l'oxydation du 2-méthylnaphtalène en présence d'acide sulfurique. Le chrome résiduel est réduit en sulfate de chrome (III) réutilisé ensuite pour fabriquer des sels de tannerie. (ECHA)⁴⁸¹

Le **dichromate de sodium** est utilisé dans la fabrication de la cire (RMC, 2010)

Le **dichromate de sodium** entre dans la fabrication d'une cire utilisée dans les emballages alimentaire ("*montan wax*"). Le procédé est censé ne pas relarguer de chrome dans les aliments (ECHA)⁴⁸¹

Le **trioxyde de chrome** (pour la fabrication du dioxyde de chrome), et le **dichromate d'ammonium** sont utilisés pour produire des bandes magnétiques (RMC, 2010)

Le **trioxyde de chrome**, le **dichromate de potassium** et le **dichromate d'ammonium** entrent dans la fabrication de pigments (RMC, 2010)

Une des utilisations les plus importantes du chrome est la fabrication de matériaux réfractaires (RMC, 2010)

Le **dichromate de potassium** est utilisé dans les colles et adhésifs (RMC, 2010)

⁴⁸¹ document for sodium dichromate june 2009 http://echa.europa.eu/documents/10162/17232/na2cr2o7_en.pdf

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Le rapport du BRGM établissant les seuils géochimiques des éléments métalliques dans les eaux françaises fait état d'une concentration médiane en chrome dans les eaux européennes de 0,38 µg/l, et de concentrations minimales et maximales en France respectivement de 0,06 - 1,0 µg/l et de 2,74 µg/l (Ghestem, et al., 2008).

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

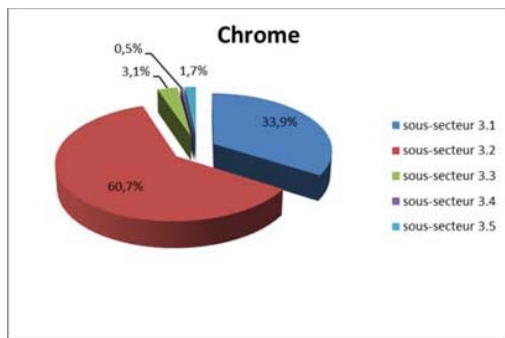
La somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1 844,4 g/j** soit 1,8 kg/j (202 sites - 1 084 mesures - 8 flux supérieurs au seuil surveillance, 6 supérieurs au seuil réduction)

Selon les données partielles de la campagne RSDE-2 (RMC, 2011),

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante (202 GIDIC concernés - 8 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 6 dont le seuil est supérieur au seuil réduction) :

- sous secteur : **3.2** : 60,7% du secteur 3 (95 GIDIC concernés - 6 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 5 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)
- sous secteur : **3.1** : 33,9% du secteur 3 (37 GIDIC concernés - 1 dont le flux est supérieur au seuil surveillance)
- sous secteur : **3.3** : 3,1% du secteur 3 (32 GIDIC concernés)
- sous secteur : **3.5** : 1,7% du secteur 3 (22 GIDIC concernés - 1 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 1 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)
- sous secteur **3.4** : 0,5% du secteur 3 (13 GIDIC concernés)

Répartition des flux en chrome dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE-2 partie)



- 3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD 3.3 UIOM 3.5 Autres sites de traitement DND
- 3.2 Installations de stockage DND 3.4 Lavage de citernes

Le chrome est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE-2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (1 844 g/j), le chrome est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

- 3.2** - Installations de stockage de déchets non dangereux (6 rejets supérieurs au seuil surveillance, 5 supérieurs au seuil réduction). Le flux moyen réglementaire total formaté est de 1 120 g/j pour le sous secteur 3.2.
- 3.1** - Regroupement et traitement des déchets dangereux (1 rejet supérieur au seuil surveillance, flux de 625 g/j),
- 3.5** - Autres sites de traitement de déchets non dangereux (1 rejet sup au seuil surveillance, 1 sup au seuil réduction), Le flux moyen réglementaire total formaté est de 31 g/j pour le sous secteur 3.5.

Note : cette conclusion pourra être infirmée ou confirmée à la suite de l'ajout des dernières données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Présence dans l'environnement

Le chrome est présent dans l'environnement de manière ubiquitaire. Il s'agit d'un élément largement distribué dans la croûte terrestre. Le principal minerai de chrome s'appelle la chromite (FeCr₂O₄). Le chrome est principalement concentré dans les roches. Seuls les composés trivalents (chrome III) et hexavalents (chrome VI) sont détectés dans l'environnement en quantités significatives. Dans les sols, le chrome issu de la roche-mère est principalement sous forme trivalente. La thermodynamique indique que le chrome VI peut exister de manière naturelle dans les sols. Le chrome hexavalent est la plupart du temps introduit dans l'environnement par les activités industrielles. (INERIS, 2005)

Compartiment atmosphérique

Les principales sources d'émission de chrome dans l'atmosphère sont l'industrie chimique, la combustion de gaz naturel, d'huile et de charbon. Le transport par le vent des poussières de route, les usines de production de ciment, les industries utilisant le chrome ou des composés du chrome constituent d'autres sources d'émission atmosphérique. Dans l'air, les composés de chrome sont présents sous forme de fines particules qui se déposent progressivement sur les sols et les surfaces aquatiques. Les précipitations de pluie et de neige favorisent le processus de dépôt et l'entraînement dans les eaux de ruissellement. (INERIS, 2005)

Eau

Les eaux provenant des installations de chromage peuvent contenir du chrome VI. Le tannage du cuir, l'industrie textile, la fabrication des teintures et pigments peuvent également libérer du chrome III et du chrome VI dans les cours d'eau. (INERIS, 2005)

Les concentrations observées dans les eaux douces en France sont de 1 à 10 µg/l (INERIS, 2005)

Sols /sédiments

La majeure partie du chrome présent dans les sols ne se dissout pas facilement dans l'eau. La faible fraction soluble se propage en profondeur vers les eaux souterraines. (INERIS, 2005)

Les concentrations observées dans les sols sont en moyenne dans le monde de 50 µg/kg (de 30 à 100 µg/kg en France) (INERIS, 2005)

Les concentrations observées dans les sédiments en Europe sont <100 mg/kg (INERIS, 2005)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Présence dans des déchets identifiés comme contenant potentiellement des teneurs en chrome (et composés du chrome) significatives (se reporter au tome 1 de l'étude § 4.5.1 et annexe 3)

01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Métaux associés aux déchets de forage

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure

01 03 05* autres stériles contenant des subst. dangereuses

01 03 07* autres déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 04 07* déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des subst. dangereuses

03 Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton

- Métaux présents sous forme de pigments dans les produits de finition de panneaux et meubles

- Sels de Cr, Cu, As utilisés pour le traitement de protection de certains bois

Remarque : les déchets de bois peuvent aussi contenir des sels de bore, des fongicides de type triazole, des insecticides de type pyréthroides de synthèse, des organo-iodés, des ammoniums quaternaires, des chlorures de benzalkonium, des colles à base de résine synthétique (urée-formol, mélanine, phénol, résorcinol, polyuréthane, acétate de polyvinyle) et des résines de finition (alkyde, alkyde-uréthane, acrylique, vinylique)

- **Bois de construction traités au CCA (cuivre-chrome-arsenic) :** le bois de charpente de bâtiments publics, agricoles, administratifs et industriels, les ponts et leurs ouvrages d'art, le bois d'œuvre dans les eaux douces et saumâtres, par exemple, les jetées et les ponts, les écrans acoustiques, les paravalanches, les glissières et barrières de sécurité du réseau autoroutier, les pieux de clôture pour animaux en conifère rond écorcé, les ouvrages de retenue des terres, les poteaux de transmission électrique et de télécommunications, les traverses de chemin de fer souterrain (Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006⁴⁸²)

Présence certaine de chrome dans les déchets suivants :

03 02 Déchets des produits de protection du bois

03 02 04* composés inorganiques de protection du bois

⁴⁸² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

03 01 Déchets provenant de la transformation du bois et de la fabrication de panneaux et de meubles

03 01 04* sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages contenant des subst. dangereuses

04 - Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

- Chrome employé dans le tannage des peaux
- Métaux (Cd, Cr, Cu, Ni) présents sous forme de pigments

Présence certaine de chrome dans les déchets suivants :

04 01 Déchets provenant de l'industrie du cuir et de la fourrure

04 01 04 liqueurs de tannage contenant du chrome

04 01 06 boues, notamment provenant du traitement in situ des effluents, contenant du chrome

04 01 08 déchets de cuir tanné (refentes sur bleu, etc.), contenant du chrome

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

04 02 Déchets de l'industrie textile

04 02 16* teintures et pigments contenant des substances dangereuses

04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

06 - Déchets des procédés de la chimie minérale

- Métaux lourds présents dans certains sels
- As, Hg et autres métaux présents des certains déchets contenant des métaux
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Cr, Cu et As issus de procédés de la chimie minérale de production de produits de protection du bois
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale

Présence certaine de chrome dans les déchets suivants :

06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs

06 13 01* produits phytosanitaires inorganiques, agents de protection du bois et autres biocides

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques

06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds

06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds

06 04 Déchets contenant des métaux autres que la section 06 03

06 04 05* déchets contenant d'autres métaux lourds

06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents

06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs

06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

07 - Déchets des procédés de la chimie organique

- Sels de chrome, nickel, zinc utilisés comme additifs dans la fabrication de caoutchouc
- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 07 02 14* déchets provenant d'additifs contenant des subst. dangereuses

08 – Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments
- Certains métaux présents dans des toners d'impression (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses
 08 01 13* boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis
 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
 08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des subst. dangereuses

10 – Déchets provenant de procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine de chrome dans les déchets suivants :

10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
 10 01 02 cendres volantes de charbon
 10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium
 10 03 08* scories salées de production secondaire
 10 03 09* crasses noires de production secondaire
 10 03 21* autres fines et poussières (dont fines de broyage de crasses) contenant des subst. dangereuses
 10 03 29* déchets provenant du traitement des scories salées et du traitement des crasses noires contenant des subst. dangereuses

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses
 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
 10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
 10 02 02 laitiers non traités
 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11
 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
 10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
 10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
 10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 10 09 11* autres fines contenant des subst. dangereuses
 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
 10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 10 10 11* autres fines contenant des subst. dangereuses

11 – Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
- 11 01 05* acides de décapage
 - 11 01 06* acides non spécifiés ailleurs
 - 11 01 07* bases de décapage
 - 11 01 08* boues de phosphatation
 - 11 01 09* boues et gâteaux de filtration contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 10 boues et gâteaux de filtration autres que la rubrique 11 01 09
 - 11 01 11* liquides aqueux de rinçage contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 15* éluats et boues provenant des systèmes à membrane et des systèmes d'échange d'ions contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées

12 – Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques**Présence possible de chrome dans les déchets suivants :**

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
- 12 01 01 limaille et chutes de métaux ferreux
 - 12 01 02 fines et poussières de métaux ferreux
 - 12 01 03 limaille et chutes de métaux non ferreux
 - 12 01 04 fines et poussières de métaux non ferreux
 - 12 01 13 déchets de soudure
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses
 - 12 01 15 boues d'usinage autres que celles de la rubrique 12 01 14
 - 12 01 16* déchets de grenailage contenant des subst. dangereuses
 - 12 01 18* boues métalliques (provenant du meulage et de l'affûtage) contenant des hydrocarbures
 - 12 01 20* déchets de meulage et matériaux de meulage contenant des subst. dangereuses

13 – Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles des chap. 05, 12 et 19)

- Métaux et HAP présents dans des huiles moteurs

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

- 13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées
- 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
 - 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
 - 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
 - 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
 - 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

15 – Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- Du chrome (dichromate de sodium) est potentiellement présent dans des cires utilisées dans les emballages alimentaires (type "montan wax") et dans les emballages métalliques (canettes, boîtes alimentaires...); d'après (ECHA)⁴⁸³

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 – Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- Métaux, BTEX, diphenyléther polybromés présents dans des VHU
- Métaux, BTEX présents dans des filtres à huile
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Chrome, cuivre, nickel et zinc potentiellement présents dans les catalyseurs usés
- Chrome dans les solutions oxydantes de chromates
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence certaine de chrome dans les déchets suivants :

- 16 09 Subst. oxydantes
- 16 09 02* chromates, par exemple, chromate de potassium, dichromate de sodium ou de potassium

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et 16 06 et 16 08)
- 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
 - 16 01 18 métaux non ferreux
- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
- 16 02 13* équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que 16 02 09 à 16 02 12
 - 16 02 15* composants dangereux retirés des équipements mis au rebut
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

⁴⁸³ background document for sodium dichromate june 2009] http://echa.europa.eu/documents/10162/17232/na2cr2o7_en.pdf

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 08 Catalyseurs usés

16 08 02* catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition(3) dangereux

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 – Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- Bois traités (créosote, Lindane, pentachlorophénol, chrome, cuivre, arsenic)
- Divers polluants métalliques, organiques, minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées
- déchets de béton

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

17 02 Bois, verre et matières plastiques

17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

17 09 Autres déchets de construction et de démolition

17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 – Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- Métaux dans les cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des déchets de traitement mécanique de déchets de bois traités
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées

Présence certaine de chrome dans les déchets suivants :

19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets

19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées

19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées

19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées

19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses

19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses

19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses

19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses

19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets

19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux

19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)

19 02 04* déchets pré-mélangés contenant au moins un déchet dangereux

19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des subst. dangereuses

19 03 Déchets stabilisés/solidifiés

19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement stabilisés

19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés

19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification

19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée

19 05 Déchets de compostage

19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs

19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées

19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions

19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds

19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux

19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des subst. dangereuses

19 10 05* autres fractions contenant des subst. dangereuses

19 12 Déchets provenant du traitement mécanique des déchets (par exemple, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs

19 12 06* bois contenant des subst. dangereuses

19 12 11* autres déchets (dont mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des subst. dangereuses

19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines

19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses

19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 – Déchets municipaux (déchet ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- Métaux dans des acides usés
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément
- Métaux dans des équipements électriques et électroniques collectés séparément
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des bois traités collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues
- Bois traités (créosote, Lindane, pentachlorophénol, chrome, cuivre, arsenic)

Présence possible de chrome dans les déchets suivants :

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 14* acides

20 01 27* peinture, encres, colles et résines contenant des subst. dangereuses

20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Si les techniques d'analyse actuelles permettent la discrimination des formes du chrome par leurs niveaux d'oxydation, elles ne permettent pas la spéciation des différents sels de chrome.

Le chrome peut être dosé sous plusieurs formes (INERIS, 2005) :

- **Le chrome dissous** : il se retrouve dans la phase liquide du prélèvement d'eau qui est récupérée après filtration sur une membrane de porosité 0,45 µm.
- **Le chrome particulaire** : il se retrouve sur le filtre de porosité 0,45 µm, et il est dosé par attaque acide du filtre.
- **Le chrome total** : il est obtenu en faisant la somme des dosages du chrome dissous et du chrome particulaire. Il est cependant possible d'effectuer l'analyse de l'élément total en procédant à une digestion appropriée de l'eau sans filtration préalable.
- **Le chrome VI**, dosable par de nombreuses méthodes. La méthode spectrophotométrique à la 1,5 diphényle carbazide est normalisée, de mise en œuvre simple et communément utilisée.

SPECIATION (Donard, et al., 2007)

Prélèvements et conditionnement

Si la spéciation du chrome est recherchée, l'utilisation de matériel de prélèvement en acier inoxydable est à proscrire

En vue d'une analyse de spéciation du chrome, l'acidification est à proscrire car le Cr(VI) est instable et se transforme immédiatement en Cr(III). Le chrome hexavalent présentant une très bonne stabilité en milieu neutre à basique, il se conserve parfaitement dans ces milieux. Toutefois, dans ces conditions, le Cr(III) disparaît de la phase soluble par précipitation.

C'est pourquoi un pH proche de 6, associé à une lyophilisation, permet de stabiliser les espèces sur une longue période.

AUTRES METHODES DE SPECIATION

Méthode d'échange cationique pour la spéciation du chrome hexavalent

http://www.brr.cr.usgs.gov/projects/GWC_chemtherm/pubs/Cr%20Fact%20Sheet%20July%202003.pdf

Description d'une méthode d'échange cationique de terrain pour la spéciation du Cr(VI) qui permet d'atteindre les seuils réglementaires et de confirmer les résultats des autres méthodes. Cette méthode donne des résultats comparables à ceux de la colorimétrie directe à la diphénylcarbazide aux méthodes de chromatographie ionique - colorimétrie.

EAUX DE SURFACE (INERIS, 2005)

Prélèvements et conditionnement

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée. Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2). Par ailleurs, il faut veiller à **remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air** au-dessus de l'échantillon.

Dosage

Méthode de dosage

Quelle que soit la matrice d'origine, l'échantillon, à ce stade de l'analyse, se trouve sous forme liquide dans un milieu acide. Il existe différentes méthodes spectroscopiques pour le dosage du chrome fonction de la teneur attendue et des limites de détection souhaitées :

Chrome total :

- La spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (F-AAS) et la spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique (GF-AAS) Ces deux méthodes fonctionnent sur le même principe de détection (absorption de la lumière émise par une lampe «chrome»). La différence entre les 2 méthodes se situe au niveau de l'atomisation : la flamme ne permet pas une atomisation optimale pour atteindre des limites de détection faibles.
- La spectrométrie d'émission atomique couplée à une torche à plasma (ICP-AES) Cette méthode fonctionne sur le principe inverse de la précédente en terme de détection, il s'agit d'obtenir un spectre caractéristique des raies du chrome suite à une atomisation qui a lieu dans un plasma d'argon. L'intensité de ces raies est proportionnelle à la quantité d'atomes présents en solution.
- La spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma (ICP-MS). La solution à analyser est injectée dans un plasma d'argon porté à haute température où les éléments sont ionisés puis introduits dans un spectromètre de masse où ils sont caractérisés et évalués

Le chrome hexavalent :

- La spectrophotométrie d'absorption dans le visible (colorimétrie) après action de 1,5 diphénylcarbazide à environ 540 nm.
- L'absorption UV ou la conductimétrie après séparation par chromatographie ionique.
- L'absorption UV après séparation par électrophorèse capillaire.

NORMES POUR L'ÉCHANTILLONNAGE**NF EN ISO 5667 - 3 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (2004)****Domaine d'application**

La norme donne des directives sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau. Cette norme présente en particulier le type de flacons et la méthode de conditionnement à utiliser pour la conservation optimale de chaque élément trace à doser.

Principe

Cette méthode indique le meilleur flaconnage et stabilisant préconisé pour chaque paramètre. Les machines et matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire de contaminant.

Pour le chrome total, les spécifications sont : des flacons plastique et l'acidification à pH < 2 avec une durée de conservation maximale de 1 mois avant analyse. **Pour le chrome hexavalent**, des flacons plastiques ou verre et une réfrigération entre 2 et 5 °C avec une durée de conservation maximale de 24 heures avant analyse.

NORMES POUR L'ANALYSE**NF EN ISO 15587-1 et -2 : Qualité de l'eau – Digestion pour la détermination de certains éléments dans l'eau (mai 2002).****Domaine d'application**

Cette méthode permet d'extraire des éléments traces dans une eau en utilisant l'eau régale (partie 1 de la norme) ou l'acide nitrique (partie 2 de la norme) comme agent de digestion.

Elle est applicable à tous les types d'eau dont la concentration massique en solides en suspension est inférieure à 20 g/L et la concentration massique en COT, exprimée en carbone est inférieure à 5 g/L.

Principe

La prise d'essai est digérée avec de l'eau régale à une température définie. Elle doit au moins atteindre la température d'ébullition de 103°C et ne pas dépasser 175°C. Au point d'ébullition, la durée minimale nécessaire à la libération de la fraction digestible est de 2 heures. La digestion peut se faire dans différents systèmes de chauffage (chauffage électrique, micro-onde système ouvert, micro-onde système fermé ou autoclave système fermé).

NF EN 1233 Qualité de l'eau – Dosage du chrome (septembre 96).**Domaine d'application**

La norme prescrit **deux méthodes de dosage du chrome** : par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme (**F-AAS**) et par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique (**GF-AAS**). Elle s'applique à l'analyse des eaux pour des concentrations en chrome comprises entre 0,5 mg/L et 20 mg/L dans le cas de la flamme, et entre 5 µg/L et 100 µg/L dans le cas de l'atomisation électrothermique.

Certains éléments peuvent interférer lorsque leurs concentrations dépassent un niveau compris entre 100 et 10 000 mg/L. La salinité de la solution ne doit pas excéder 15 g/L. De manière générale, la méthode des ajouts dosés est préférée dès qu'il y a un doute sur des effets de matrices.

Principe

F-AAS : La méthode est basée sur le dosage par spectrométrie d'absorption atomique. L'échantillon acidifié est injecté dans une flamme d'air - acétylène et détecté à la longueur d'onde de 357,9 nm. Pour diminuer les interférences dues à la matrice, l'ajout de sel de lanthane est nécessaire.

GF-AAS : Le chrome est dosé directement dans les échantillons acidifiés par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique. L'échantillon est introduit dans un tube en graphite chauffé électriquement et l'absorbance est mesurée à la longueur d'onde de 357,9 nm. Si nécessaire, la technique des ajouts dosés est utilisée.

NF EN ISO 11885 Qualité de l'eau – Dosage de 33 éléments par spectrométrie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (mars 98)**Domaine d'application**

La norme prescrit une méthode de dosage pour 33 éléments (totaux, dissous ou particuliers) dans les eaux brutes, potables ou résiduaires. La limite de détection pour le chrome se situe à 10 µg/L.

Le choix des longueurs d'onde dépend de la matrice, car il existe de nombreuses interférences inter-éléments. De même, les interférences liées au fond spectral doivent être compensées par une correction du bruit de fond adjacente à la raie de l'analyte.

Principe

Cette méthode consiste à mesurer l'émission atomique par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission des raies caractéristiques sont dispersés par un réseau et l'intensité des raies est mesurée par un détecteur.

NF T90-043 Qualité de l'eau – Dosage du chrome VI - Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire avec la 1,5 diphénylcarbazine (oct. 88)**Domaine d'application**

Cette norme décrit une méthode de dosage du chrome VI par spectrométrie d'absorption moléculaire. Elle s'applique aux eaux de consommation, aux eaux de surface et aux eaux résiduaires dont la concentration en chrome VI est inférieure à 0,5 mg/L. La limite de détection de la méthode est d'environ 5 µg/L.

Interférences

La présence de sels de molybdène, de mercure, de vanadium ou de fer peut gêner le dosage.

De même, la présence d'un excès de sulfites peut entraîner une réduction du chrome hexavalent en chrome trivalent. L'aération par bullage permet d'éliminer l'excès de sulfites, et la précipitation des métaux présents peut être réalisée en amenant l'échantillon à pH 10.

Principe

Il repose sur la réaction du chrome hexavalent avec la 1,5 diphénylcarbazine. L'absorbance du complexe de coloration rouge -violette est mesurée à une longueur d'onde voisine de 540 nm.

Projet ISO/CD 17291 : Qualité de l'eau - Détermination de 61 éléments par ICP-MS (décembre 2001)**Domaine d'application**

La norme décrit une méthode de dosage pour 61 éléments dans les eaux potables et relativement peu chargées. Elle peut s'étendre aux boues et sédiments après digestion en tenant compte des interférences possibles. Dans les eaux potables et relativement peu polluées, les limites de dosage se situent entre 0,1 et 1 µg/L pour la plupart des éléments. Les limites peuvent être plus élevées quand il y a présence d'interférents ou d'effets mémoires.

Interférences

Il existe deux types d'interférences :

- **Les interférences spectrales : dans le cas du chrome :**

Avec l'isotope 52, il existe une interférence avec ArO, ArC, ClOH,
Avec l'isotope 53, il existe une interférence avec ClO, ArOH.

- **Les interférences non spectrales :**

Elles proviennent des différentes propriétés physiques des solutions (**matrice, viscosité**) qui ont tendance à avoir un effet sur le signal et dans ce cas elles peuvent être corrigées avec l'utilisation d'un étalon interne ou par dilution de l'échantillon.

Elles peuvent également provenir de la **salinité** de la solution ou des **résidus** de l'échantillon qui ont tendance à créer un effet mémoire, d'où la nécessité d'utiliser des contrôles avec des blancs de solution.

Principe

Cette méthode consiste à mesurer les ions par un spectromètre de masse après nébulisation dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément à doser.

Projet ISO/DIS 15586 - Qualité de l'eau - Détermination d'éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique four graphite (septembre 2002).

Domaine d'application

La norme décrit une méthode de dosage par spectrométrie d'absorption atomique four graphite pour plusieurs éléments (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn) dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les eaux de rejets, les eaux potables et les sédiments. Cette méthode permet d'atteindre de faibles concentrations.

Principe

L'échantillon est injecté dans le four d'un spectromètre d'absorption atomique avec atomisation électrothermique. Les mesures d'absorbance sont réalisées à 232 nm en utilisant le $Mg(NO_3)_2$ comme modifiant de matrice.

Interférences

Certaines solutions comme les eaux de rejets ou la digestion des éléments peuvent contenir **une grande quantité de substances** pouvant affecter les résultats. Une **concentration élevée en chlorures** peut rendre certains éléments plus volatils et occasionner des pertes pendant l'étape de pyrolyse. Il est conseillé d'utiliser des tubes pyrolytiques, des plates-formes, des modifiants de matrice, la technique des ajouts dosés ou une correction de fonds pour minimiser ces effets.

AUTRES NORMES POUR L'ANALYSE**US EPA Method 7196A: Chromium, Hexavalent (Colorimetric) in Groundwaters**

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/719>

Description : dosage des différentes valences du chrome inorganique dans les eaux de surface, eaux usées et déchets industriels (sous réserve de la présence de substances interférentes).

US EPA Method 7197: Chromium, Hexavalent (Chelation/Extraction)

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/719>

Description : dosage du chrome (VI) inorganique et complexé dissous dans les eaux de surface, eaux usées et déchets industriels (sous réserve de la présence de substances interférentes). Cette méthode est applicable à des échantillons contenant de 1,0 à 25 µg de Cr(VI) par litre.

US EPA Method 7195: Hexavalent chromium (coprecipitation)

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/719>

Description : dosage du chrome (VI) inorganique et complexé dissous dans les eaux, eaux usées et déchets industriels (sous réserve de la présence de substances interférentes).

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et changement de process dans les industries du secteur des déchets**

Le chrome n'entre pas dans les réactifs utilisés dans les process des industries du secteur des déchets. Aucune substitution ou changement de process n'a été identifié.

Traitement par coagulation, floculation, décantation

Cette technique est couramment appliquée en association ou non à un traitement biologique. Elle permet d'abattre significativement la concentration en chrome **sans toutefois atteindre les limites imposées par la DC.E** Note fiabilité : 3. Cette technique ne permettant pas d'atteindre les objectifs de la DCE (34 µg/l sur la base de 10 x NQE), un traitement complémentaire peut donc être nécessaire (traitement membranaire par exemple). (RMC, 2010)

Pour les rejets liquides, le traitement se fait en 2 étapes : réduction de Cr(VI) en Cr(III), souvent en pH acide avec du bisulfite de sodium (ou autre réactif tel que le sulfate de fer), puis neutralisation et précipitation des sels trivalents (hydroxydes) par un neutralisant (chaux, soude, magnésie). Le traitement est complété par une floculation et une séparation solide/liquide.

Les métaux sont transférés dans les boues des stations biologiques qui constituent par conséquent un traitement à part entière. (RMC, 2010)

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique (Choubert, et al., 2011)**Traitement par bioréacteur à membrane**

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du Chrome par bioréacteur à membrane est supérieur à 70%. Rendement moyen de 85 % sur 6 points de mesures

Traitement combiné

Selon le projet AMPERES des rendements supérieurs à 70% peuvent être obtenus pour les procédés de traitement secondaires suivants :

- Décantation primaire + boues activées moyenne charge
- Décantation primaire physico-chimique + bio filtre 1^{er} étage
- Décantation primaire + boues activées moyenne charge + bio filtre 1^{er} étage
- Décantation primaire physico-chimique + bio filtre 2^{ème} étage
- Décantation primaire + boues activées aération prolongée
- Biodisque + filtre écoulement vertical
- Décantation primaire + lagune
- Lit bactérien + filtre écoulement vertical

Traitement par Précipitation

L'effluent liquide peut être traité par précipitation des métaux lourds, neutralisation et filtration sur sable. On peut ainsi atteindre des concentrations en métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) inférieures à 0,1 mg/l (RMC, 2010)

Traitement par Echangeur d'ions

La technique de traitement par résine échangeuse d'ions est citée comme MTD pour le traitement du Cr^{III}, Cr total et Cr^{VI} dans le cadre de la réduction des rejets dans le secteur du traitement de surface. Traitement aval généralement après un traitement physico-chimique Traitement de récupération ou concentration des métaux

Des résines complexantes ou chélatante sont utilisées dans le traitement des eaux chargées en métaux. En utilisant des techniques de polymérisation et d'activation, il est possible de greffer sur un polymère donné une grande variété de groupes fonctionnels, et plus particulièrement ceux permettant la fixation sélective des métaux (de Dardel, 1998).

Les groupes iminodiacétique, aminophosphonique et amidoxime forment avec les métaux des complexes dont la stabilité dépend notamment du pH de la solution. En faisant varier celui-ci, il est donc possible de fixer sélectivement certains métaux.

Traitement par adsorption

Afin d'atteindre les objectifs de la DCE (50µg/l sur la base de 10 x NQE). Un traitement complémentaire peut être nécessaire (traitement membranaire ou charbon actif par exemple).

L'affinité du charbon actif vis-à-vis du Chrome est considérée comme très importante. En effet, la formation de ligands entre la matière organique adsorbée ou en solution et les ions métalliques peut permettre un accroissement de l'abattement de la pollution métallique sous la forme de complexes, de biosorption... (w8000, 2007). Cette technique n'est cependant pas le procédé le plus couramment utilisé pour l'élimination des métaux.

Selon le projet AMPERES, le traitement final par charbon actif permet d'obtenir un rendement supérieur à 70%. (Choubert, et al., 2011)

Traitement par Oxydation – Réduction Chimique

Prétraitement d'un traitement biologique. Eventuellement traitement de finition pour enlever des substances réfractaires. (En général non adapté au secteur du déchet)

TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES**Traitement membranaire :**

Cette technique peut donner de bons résultats sous réserve de la pousser jusqu'à l'osmose. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Osmose inverse : l'une des meilleures techniques disponibles pour la réduction des rejets du chrome et de ses composés dans le secteur du traitement de surface. L'osmose inverse peut être performante pour éliminer les métaux lourds en faible concentration, bien que dans des conditions aérobiques, les oxydes métalliques puissent boucher les membranes. (INERIS, 2010)

Filtre à sable continu : Traitement complémentaire de l'électrodialyse,

Traitement de finition fréquemment utilisé comme étape de séparation finale après les procédés de décantation ou de flottation. Les filtres à sable à lavage en continu donnent l'avantage du fonctionnement en continu mais avec une moindre efficacité.

Phytoremediation

La rhyzofiltration est citée comme technique possible dans le traitement du Chrome (Pivet, 2010).

REFERENCES

Carlo Erba Guide des produits chimiques [Ouvrage] = Section IV - Tables / éd. Erba Carlo. - 2009. - pp. pages 801-802.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en fili ères convent ionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au servide des collectivités - Des avancée visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

de Dardel François Echange d'ions - technologies d'applications [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 1998. - Vol. j2784.

Donard O. F-X. et Séby F. Détermination d'espèces chimiques d'éléments (spéciation) dans l'environnement [Revue] // Techniques de l'Ingénieur. - 10 décembre 2007. - Techniques d'analyse / Référence TI630. - p. 26. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/analyses-dans-l-environnement-42382210/determination-d-especes-chimiques-d-elements-speciation-dans-l-environnement-p3870/methodes-pour-l-analyse-de-speciation-p3870niv10002.html>. - Analyses dans l'environnement / Référence 42382210.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

ECHA Proposal for identification of a substance as a CMR cat 1 or 2, PBT, vPvB or a substance of an equivalent level of concern [En ligne] = Annexe XI dossier - potassium chromate // European Chemical Agency. - 2010. - Version février 2010 soumise par la France. - http://echa.europa.eu/documents/10162/17232/svhc_axvrep_france_cmr_potassium_chromate_en.pdf.

EPA Toxicological Review of Hexavalent Chromium [En ligne] // EPA / IRIS. - 1998. - <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0144tr.pdf#page=53>.

Ghestem JP, Crouzet C et Girardot N Estimation des fonds géochimiques en éléments traces des eaux de surface continentales et des eaux souterraines : cahier des charges pour l'analyse et le prélèvement. [Rapport] : Version 0. - [s.l.] : BRGM, 2008. - p. 44 pages. - 6 Tableaux, 1 Annexe. - RP-56835-FR.

INERIS Chrome et ses composés - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - version juillet 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/glossaire/view/letter/C>. - version du 27/07/11 - 97 pages.

INERIS Chrome et ses dérivés - Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - INERIS, 2005. - version du 16/02/2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/668>. - 80 pages. - INERIS –DRC-01-05590-00DF253.doc.

INERIS Les substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 611 pages. - En ligne : . - n°DRC-07-82615-13836C.

Mc Gill University Manuel de sécurité au laboratoire [En ligne] // Environmental Health and Safety. - Mc Gill University - Canada, 2010. - mise à jour 3 novembre 2010. - http://www.mcgill.ca/ehs/laboratory/labsafety/french/cli_4.5.

NIOSH NIOSH Hexavalent Chromium Criteria Document Update [En ligne]. - 2008. - <http://www.cdc.gov/niosh/review/public/144/pdfs/DRAFT-Criteria-Documents-Occupational-Exposure-to-Hexavalent-Chromium.pdf>.

Pivetz Bruce E Ground water issue - Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites [Rapport]. - [s.l.] : EPA, 2010.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

CUIVRE ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF**Symbole** : Cu**Famille** : métal**N° CAS** : 7440-50-8

métaux de transition

Propriétés physico-chimiques :**Masse molaire** : 63,55 g/mol (INERIS, 2011)**Solubilité dans l'eau** : insoluble (INERIS, 2011)**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**

Dans les milieux aqueux, le comportement du cuivre est influencé par de nombreux processus : complexation avec des ligands organiques ou minéraux, adsorption sur des oxydes métalliques, des argiles ou des matières organiques particulières, bioaccumulation, présence de cations de compétition (Ca²⁺, Fe²⁺, Mg²⁺...), présence de sels (OH⁻, S²⁻, PO₄³⁻, CO₃²⁻...), échange entre les sédiments et l'eau. La majorité du cuivre rejeté dans l'eau est sous forme particulaire et tend à se déposer, à précipiter ou à s'adsorber à la matière organique, au fer hydraté, aux oxydes de manganèse ou aux argiles. Après introduction du cuivre dans le milieu aquatique, l'équilibre chimique est généralement atteint en 24 heures.

L'acétate de cuivre réagit avec les élastomères utilisés dans des pompes, de type polyuréthane, Buna-N[®], Viton[®], mais aussi avec certains métaux tels que l'aluminium, la fonte ou l'inox 316.⁴⁸⁴

Le cuivre est incompatible avec le peroxyde d'oxygène, et l'acétylène (Carlo Erba, 2009)

Toxicité et écotoxicité :**NQE-MA**⁴⁸⁵ : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA**⁴⁸⁶ : absence de donnée**NQE_p milieu aquatique** : bruit de fond géochimique + 1,4 µg/l Circulaire du 07/05/07⁴⁸⁷**LQ circ 05/01/09** = 5 µg/l**Note** : NQE / LQ compatibles**PNEC_{eau douce}** : 0,0016 mg/L (INERIS, 2011)**Note** : NQE / LQ sans objet**Occurrence du cuivre dans les rejets des industries du secteur des déchets****(RSDE 2 - campagne en cours - données novembre 2011) :**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), La somme des flux moyens formatés⁴⁸⁸ du secteur 3 est de **1 557,0 g/j** soit 1,6 kg/j (179 sites - 945 mesurés - 5 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 supérieurs au seuil réduction)

Selon ces données, le cuivre est une substance d'intérêt pour les rejets des sous secteurs **3.2** (Installations de stockage DND) bien qu'il ne soit pas dosé systématiquement dans les rejets de ce sous-secteur, **3.1** (Regroupement et traitement DD), et **3.5** (Autres sites DND)

Traitabilité- résumé⁴⁸⁹

Le cuivre est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible d'être détruite par un traitement.

Elimination des eaux usées : le cuivre peut être éliminé par adsorption (charbon actif), par précipitation en augmentant le pH, par coagulation à l'aide de sels d'aluminium et de fer, par échange d'ions sur résine.

Traitements complémentaires : filtration à sable continue, filtration membranaire, rhizofiltration et phytoextraction. Sans traitements complémentaires, les techniques de précipitation ne permettent pas d'atteindre les objectifs de la DCE (42 µg/l sur la base de 10xNQE ou 3,4 µg/l + bruit de fond géochimique). Le cuivre est transféré intégralement dans les boues des stations biologiques qui constituent un traitement à part entière.

⁴⁸⁴ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>⁴⁸⁵ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle⁴⁸⁶ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible⁴⁸⁷ Circulaire du 07/05/07 définissant les "normes de qualité environnementale provisoires (NQE_p)" publiée au BO du MEEDDM n° 2007-15 du 15 août 2007⁴⁸⁸ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné⁴⁸⁹ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

DESCRIPTIF COMPOSES DU CUIVRE

Le cuivre a de nombreux composés - la liste ci-dessous n'est, de loin, pas exhaustive.

Propriétés physico-chimiques (INERIS, 2005) :

	hydroxyde de cuivre	oxyde cuivreux	oxyde cuivrique	chlorure cuivrique	chlorure cuivreux	sulfate de cuivre	acétate de cuivre
formule	Cu(OH) ₂	Cu ₂ O	CuO	CuCl ₂	CuCl	CuSO ₄	Cu(CH ₃ COO) ₂
n° CAS	20427-59-2	1317-39-1	1317-38-0	7447-39-4	7758-89-6	7758-98-7	142-71-2
Masse molaire	97,56	143,09	79,55	134,45	99,0	252,06	181,64
Solubilité dans l'eau (mg/l)	2,9 à 25°C	insoluble	insoluble	7,3*10 ⁻⁵ à 20°C	pas de donnée	2*10 ⁻⁵ à 20°C	pas de donnée

REGLEMENTATION**Réglementation européenne**

- Arrêté du 30 juin 2005 (PNAR) - substances pertinentes
- Directive 2006/11/CE : Substance pertinente issue de la liste II
- Le cuivre n'est pas mentionné à l'annexe I de la Directive 2008/105/CE
- [Circulaire DEB du 29 septembre 2010 \(RSDE 2^{ème} phase STEU\)](#)
- [Directive 76/464/CEE](#)
- [Arrêté du 06 novembre 2008 \(substances soumises à redevance pour pollution diffuse\)](#)
- [Arrêté du 31 janvier 2008 - Annexe II : polluants avec seuil de rejet dans l'eau](#)
- Arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines
- Arrêté du 25 janvier 2010 - polluants spécifiques de l'état écologique
- Circulaire 5 janvier 2009 (RSDE 2ème phase ICPE)
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses** (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁴⁹⁰ sont concernés le cuivre :
 - du carbonate de cuivre
 - du sulfate de cuivre
 - de l'oxyde cuivreux
 - du sulfate tribasique
 - de l'oxychlorure de cuivre
 - du sulfate tétracuvrique et tricalcique
- Le cuivre n'est pas listé dans l'annexe I de la **réglementation (EC) n°689/2008** concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux.
- Le cuivre n'est pas classé dans l'annexe I de la **directive 67/548/EEC** (réglementation européenne sur l'étiquetage des substances dangereuses) en tant que tel, mais il peut être intégré à un groupe de produit. Les principaux composés du cuivre y figurant sont le chlorure de cuivre (I), l'oxyde de cuivre (II) et le sulfate de cuivre.

⁴⁹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

- Le cuivre ne fait pas partie de la liste prioritaire de la **réglementation du conseil (EEC) n°793/93** sur l'évaluation et le contrôle des risques sur les substances existantes (Commission européenne, 2009). Le **règlement CE/793/93** est un texte abrogé au 1^{er} juin 2008 par l'article 139 du **règlement (CE) n°1907/2006**.
- Le cuivre ne fait pas partie des substances potentiellement préoccupantes définies par OSPAR
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁴⁹¹
 - Annexe 1 : le cuivre fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (**Cu & composés**)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique - Cu & comp)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (**Cu & composés**)
 - 3.4 - Lavage de citernes (**Cu & composés**)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (**Cu**)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 5 µg/L
- **Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE**⁴⁹²
 - Le cuivre (& composés) est une des substances dangereuses pour l'environnement

NEOFORMATION

Le cuivre est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

⁴⁹¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁴⁹² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ.L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

PRODUCTION / UTILISATION**Production**

Le cuivre est présent naturellement dans la croûte terrestre et dans les océans, les lacs, les rivières sous différentes formes et concentrations. C'est un des rares métaux existant à l'état natif, cependant il est majoritairement présent sous la forme de minerais. (INERIS, 2010)

Utilisation

Les sources anthropiques de cuivre dans l'environnement sont liées à la production, à l'utilisation ou à l'élimination du cuivre métal et/ou des composés du cuivre et/ou des alliages du cuivre. Le métal, ses alliages et ses composés sont présents dans le **secteur du bâtiment**, le **secteur de l'industrie**, le **secteur de la marine**, le **secteur automobile** et le **secteur de la communication**. Ils sont utilisés dans les **équipements électriques** (fils, câbles, etc.) et les **équipements mécaniques** (tubes, canalisations, etc.) (INERIS, 2010)

Le cuivre pur se retrouve à plus de 70 % dans les fils électriques, les laminés et les tubes. Le cuivre est aussi présent à l'état de métal dans les ordinateurs et les téléphones portables (INERIS, 2010)

Le cuivre est utilisé en **agriculture** pour ses propriétés antifongiques et bactéricide. Le **règlement CE/473/2002** de la Commission du 15 mars 2002 modifie les annexes du **règlement CE/2092/91** limitant l'usage du cuivre en agriculture biologique. Depuis le 31 mars 2005, les apports de cuivre sont limités à 6 kg/ha/an de cuivre métal (moyenne sur 5 ans).

En tant que molécule active La **directive 2009/37/CE** du 23 avril 2009 de la Commission modifie la directive 91/414/CEE du Conseil pour y inclure **les composés de cuivre** comme substances actives. Cette directive est entrée en vigueur le 1er décembre 2009. Elle est appliquée à partir du 1^{er} juin 2010. Les autorisations de mise sur le marché de produits phytopharmaceutiques contenant, entre autres, des composés de cuivre en tant que substances actives, ont été retirées au plus tard le 31 mai 2010, seules les utilisations en tant que bactéricide et fongicide peuvent être autorisées.

Le cuivre est utilisé comme oligoélément dans l'alimentation animale. (INERIS, 2010)

Le cuivre est présent dans les boues de stations d'épurations. Les teneurs en cuivre maximales autorisées pour les boues destinées à l'épandage agricole sont fixées par le décret n°97-1133 du 8 décembre 97 (INERIS, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Pas d'utilisation spécifique du cuivre en tant que tel dans les procédés des industries du déchet. Dans les effluents, le cuivre peut provenir de l'érosion des tuyaux des circuits de refroidissements (INERIS, 2010)

Secteur des industries de la chimie

Le **chlorure cuivrique**, l'**oxyde cuivrique**, l'**oxyde cuivreux** sont utilisés comme catalyseur de réactions chimiques (RMC, 2010)

Le **sulfate de cuivre** est utilisé pour la fabrication d'autres sels de cuivre et comme agent de flottation (RMC, 2010)

Autres secteurs industriels

- **Abattoirs**

Présence de cuivre dans l'alimentation des animaux d'élevage (RMC, 2010)

- **Raffinage**

Le **chlorure cuivreux** est utilisé dans l'industrie pétrolière comme agent de désulfuration (RMC, 2010)
Le **sulfate de cuivre** est employé dans le raffinage de pétrole comme agent de flottation (INERIS, 2010)

- **Site de mélange et conditionnement, de synthèse ou de transformation de produits pétroliers**

Le **chlorure cuivrique** est employé dans l'industrie pétrolière comme agent désodorisant, désulfurant ou purifiant (RMC, 2010)

- **Fusion du verre, cristallerie et autres industries du verre et des céramiques**

Le **chlorure cuivrique**, l'**oxyde cuivrique** et l'**oxyde cuivreux** sont employés comme pigments dans le verre (RMC, 2010)

L'**oxyde cuivrique** améliore la résistance à la fusion et à l'abrasion des fibres de verre (RMC, 2010)

L'**oxyde cuivrique** est employé comme agent de polissage pour le verre optique (RMC, 2010)

- **Centrale thermique de production d'électricité**

Le cuivre est un conducteur électrique (RMC, 2010)

Le cuivre est utilisé pour la fabrication de produits électriques et électroniques (23%) et pour la production d'électricité (RMC, 2010)

- **Fabrication de peintures**

L'**oxyde cuivrique** et l'**oxyde cuivreux** sont utilisés dans les peintures "anti-fouling" pour bateaux (RMC, 2010)

Le **sulfate de cuivre** est employé comme pigment pour les peintures et les vernis (RMC, 2010)

- **Industrie du plastique**

Le cuivre est un des composés des moules utilisés pour les plastiques (RMC, 2010)

- **Industrie du caoutchouc**

L'**acétate de cuivre** est utilisé dans la fabrication de caoutchouc comme catalyseur (RMC, 2010)

- **Ennoblement textile**

L'**acétate de cuivre** entre dans les teintures des textiles (RMC, 2010)

Le **chlorure cuivrique** et le **sulfate de cuivre** sont utilisés comme mordant⁴⁹³ dans les teintures et l'impression textile. (RMC, 2010)

- **Blanchisserie**

L'**acétate de cuivre**: teinture dans les textiles (RMC, 2010)

Le **chlorure cuivrique** est utilisé comme mordant dans la teinture et l'impression textile (RMC, 2010)

- **Fabrication de papier carton**

Le cuivre est utilisé dans la fabrication de papier (RMC, 2010)

⁴⁹³ Dans l'industrie textile, le mordant est un composé chimique qui joue le rôle de lien entre la fibre textile et le colorant naturel

- **Sidérurgie, fonderie, production et/ou transformation de métaux ferreux et non ferreux**

Le **chlorure cuivrique** est utilisé en métallurgie, utilisé pour les bains d'électrolyte (RMC, 2010)
L'**oxyde cuivrique** est employé en métallurgie dans l'industrie du cuivre, dans le soudage du bronze, dans les électrodes de galvanisation (RMC, 2010)
Le **sulfate de cuivre** est employé dans les bains colorants pour métaux (RMC, 2010)

- **Industrie du traitement, revêtement de surface**

Le **chlorure cuivrique** est utilisé pour les bains d'électrolyte (RMC, 2010)
L'**oxyde cuivrique** est employé en métallurgie dans l'industrie du cuivre, dans le soudage du bronze, dans les électrodes de galvanisation (RMC, 2010)
Le **chlorure cuivreux** est employé en galvanoplastie (RMC, 2010)
Le **sulfate de cuivre** est employé dans les bains colorants pour métaux (RMC, 2010)

- **Industrie de l'imprimerie**

Le **chlorure cuivrique** entre dans la composition d'encres indélébiles, d'encres sympathiques de fixateurs pour la photographie (RMC, 2010)
Le **sulfate de cuivre** est utilisé en photographie (RMC, 2010)

- **Formulation galénique de produits pharmaceutiques**

Le **sulfate de cuivre** est employé comme antiseptique astringent, sur les muqueuses et en soins thérapeutiques chez les animaux (RMC, 2010)

- **Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires**

L'**acétate de cuivre** est employé comme fongicide et insecticide, utilisé en traitement contre le mildiou (RMC, 2010)
L'**oxyde cuivrique** est utilisé comme insecticide pour les plants de pommes de terre (RMC, 2010)
Le **chlorure cuivreux** est employé comme fongicide et antiseptique contre la prolifération de microorganismes dans les filets de pêche (RMC, 2010)
Le **sulfate de cuivre hydraté** est utilisé comme fongicide agricole, bactéricide, herbicide (RMC, 2010)

- **Industrie agroalimentaire (animaux)**

Le **gluconate de cuivre** et le **sulfate de cuivre** sont utilisés comme nutriments dans le lait, le processus d'obtention de jus de fruits et boissons, la fabrication des bonbons (RMC, 2010)

- **Activité viticole**

Le **sulfate de cuivre** entre dans la composition de la bouillie bordelaise utilisée pour le traitement des vignes (RMC, 2010)

- **Autres industries agroalimentaires (végétale)**

Le **chlorure cuivreux** est utilisé dans la dénitrification de la cellulose (RMC, 2010)

- **Installation de mise en œuvre de produits de préservation ou du traitement du bois**

Le **chlorure cuivrique** est employé dans la conservation du bois (RMC, 2010)
L'**oxyde cuivrique** et le **sulfate de cuivre** sont utilisés pour la conservation du bois (RMC, 2010)

- **Industrie du traitement des cuirs et peaux**

Le **sulfate de cuivre** entre dans les procédés de tannage du cuir (RMC, 2010)

- **Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires**

L'**acétate de cuivre** est employé comme pigment dans les céramiques (RMC, 2010)
Le **chlorure cuivrique** est employé comme colorant pour les céramiques (RMC, 2010)
L'**oxyde cuivrique** et l'**oxyde cuivreux** sont employés comme pigments dans les céramiques et les émaux (RMC, 2010)

- **Chimie organique : oléfines (craquage), aromatiques, composés oxygénés, azotés, halogénés, sulfureux, phosphorés, organométalliques**

Le **chlorure cuivreux** est un catalyseur utilisé en synthèse organique (RMC, 2010)
Le **sulfate de cuivre anhydre** est utilisé en analyse pour la détection et l'élimination de traces d'eau provenant des alcools et autres composés organiques (RMC, 2010)

- **Industrie des poudres et explosifs**

L'**oxyde cuivrique** et le **sulfate de cuivre** sont utilisés dans les compositions pyrotechniques (RMC, 2010)

- **Autres secteurs majoritaires**

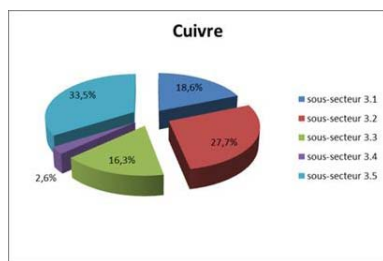
En analyse, le **chlorure cuivreux** sert à fixer le CO dans l'analyse de gaz (RMC, 2010)
Le **chlorure cuivreux** est utilisé dans les cellules photoélectriques et dans les pâtes pour brasure (RMC, 2010)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données **partielles** de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), La somme des flux moyens formatés du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **1 557,0 g/j** soit 1,6 kg/j (179 sites - 945 mesurés - 5 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 supérieurs au seuil réduction)
Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

- **sous-secteur 3.1** : 37 sites (191 mesures - contributeur à **18,6%** au flux du sect. 3) : 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **289,5 g/j**
- **sous-secteur 3.2** : 73 sites (381 mesures - contributeur à **27,7%** au flux du sect. 3) - 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **431,8 g/j** (le cuivre n'est pas analysé systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2)
- **sous-secteur 3.3** : 32 sites (192 mesures - contributeur à **16,3%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **253,9 g/j**
- **sous-secteur 3.4** : 13 sites (61 mesures - contributeur à **2,6%** au flux du sect. 3) - 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **41,2 g/j**
- **sous-secteur 3.5** : 21 sites (120 mesures - contributeur à **33,5%** au flux du sect. 3). 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 521,2 g/j

Répartition des flux en cuivre dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partie)

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.4 Lavage de citernes

3.3 UIOM

3.2 Installations de stockage DND

3.5 Autres sites de traitement DND

Note : le cuivre ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2. Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de cuivre de l'ensemble de ce sous-secteur.

Le cuivre est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (1 557 g/j), le cuivre est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

- 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (1 rejet supérieur au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction, flux total de 432 g/j), bien que les données disponibles ne soient pas représentatives des flux de l'ensemble de ce sous-secteur
- 3.1 - Regroupement et traitement des déchets dangereux (1 rejet supérieur au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction, flux total de 290 g/j),
- 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (2 rejets supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction, flux total de 36 g/j)

Note : cet avis pourra être infirmé ou confirmé à la suite de l'ajout des autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Autres types de rejets

Les apports naturels sont par ordre d'importance décroissante les éruptions volcaniques, la décomposition végétale, les feux de forêts et les aérosols marins (INERIS, 2010)

Les apports de cuivre anthropique ont principalement pour origine (INERIS, 2010)

- les activités industrielles qui émettent majoritairement dans les eaux et les sols,
- les activités urbaines et le trafic routier qui émettent principalement dans l'air, -
- les activités agricoles (les épandages des fumiers et lisiers de bovins, porcins et de volailles ; les traitements phytosanitaires des cultures des vignes et des arbres; l'utilisation d'engrais minéraux ;
- l'épandage de composts et des boues issues des STEP) qui émettent principalement vers les sols

En France, d'après les données E-PRTR (2010) de l'année 2007, les secteurs les plus importants quant à leurs émissions de cuivre et de ses composés dans l'atmosphère sont (INERIS, 2010) :

- la production à l'échelle industrielle de produits chimiques organiques (34,3%) (soit 6,5 tonnes de cuivre et composés),
- la production de métaux non ferreux à partir de minerais, de concentrés et de matériaux secondaire (16,1%),
- les fonderies de métaux ferreux (11,2%),
- la production du fer et de l'acier brut incluant le moulage continu (10,9%).

Présence dans des déchets identifiés comme contenant potentiellement des teneurs en cuivre (et composés) significatives

Certains déchets sont connus pour contenir du cuivre. (INERIS, 2010), tels que les déchets provenant de procédés thermiques et en particulier de la pyrométallurgie du cuivre :

Le décret 2002-540 du 18 /04/02 relatif à la classification des déchets, consolidé par le décret 2007-1467 du 12/10/07 liste les déchets pouvant contenir du cuivre et leurs nomenclatures :

- Des déchets provenant de procédés thermiques (10), plus particulièrement sous la nomenclature des déchets provenant de la pyrométallurgie du cuivre (10 06) en tant que :
 - 10 06 01 scories provenant de la production primaire et secondaire ;
 - 10 06 02 crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire ;
 - 10 06 03* poussières de filtration des fumées ;
 - 10 06 04 autres fines et poussières ;
 - 10 06 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées ;
 - 10 06 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées ;
 - 10 06 09* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures ;
 - 10 06 10 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 06 09 ;
 - 10 06 99 déchets non spécifiés ailleurs.
- Des déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux (11). Et plus particulièrement des déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (ex, galvanisation, revêtement de zinc, décapage, gravure, e phosphatation, dégraissage alcalin, d'anodisation) (11 01) et des déchets provenant des procédés hydrométallurgiques des métaux non ferreux (11 02) :
 - 11 02 05* déchets provenant des procédés hydrométallurgiques du cuivre contenant des substances dangereuses
 - 11 02 06 déchets provenant des procédés hydrométallurgiques du cuivre autres que ceux visés à la rubrique 11 02 05.
- Des déchets de construction et de démolition (y compris les déblais provenant de sites contaminés) (17), dont les béton, briques, tuiles et céramiques (17 01) et les métaux (y compris leurs alliages) (17 04) :
 - 17 04 01 cuivre, bronze, laiton

Résumé des origines possibles du cuivre dans les grandes familles de déchets:**01 - Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux**

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Métaux associés aux déchets de forage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
 01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure
 01 03 05* autres stériles contenant des subst. dangereuses
 01 03 07* autres déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
 01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
 01 04 07* déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
 01 05 Boues de forage et autres déchets de forage
 01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des subst. dangereuses

02 - Agriculture

- Déchets de pesticides périmés ou non utilisés
- Pesticides résiduels dans les terres de lavage

03 - Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton

- Métaux présents sous forme de pigments dans les produits de finition de panneaux et meubles
 - Hydroxycarbonates de cuivre utilisés pour le traitement de protection de certains bois
 - Sels de Cr, Cu, As utilisés pour le traitement de protection de certains bois
- Remarque : les déchets de bois peuvent aussi contenir des sels de bore, des fongicides de type triazole, des insecticides de type pyrèthroïdes de synthèse, des organo-iodés, des ammoniums quaternaires, des chlorures de benzalkonium, des colles à base de résine synthétique (urée-formol, mélanine, phénol, résorcinol, polyuréthane, acétate de polyvinyle) et des résines de finition (alkyde, alkyde-uréthane, acrylique, vinylique)

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 03 01 Déchets provenant de la transformation du bois et de la fabrication de panneaux et de meubles
 03 01 04* sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages contenant des subst. dangereuses

04 - Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

- Métaux (Cd, Cr, Cu, Ni) présents sous forme de pigments

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 04 02 16* teintures et pigments contenant des subst. dangereuses
 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses

06 - Déchets des procédés de la chimie minérale

- Métaux lourds présents dans certains sels
- As, Hg et autres métaux présents des certains déchets contenant des métaux
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Cr, Cu, As issus de procédés de production de produits de protection du bois
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
 06 13 01* produits phytosanitaires inorganiques, agents de protection du bois et autres biocides

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
 06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds
 06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds
 06 04 Déchets contenant des métaux autres que la section 06 03
 06 04 05* déchets contenant d'autres métaux lourds
 06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
 06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
 06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

07 - Déchets des procédés de la chimie organique

- Certains pesticides présents dans les déchets de fabrication de produits phytosanitaires
- Certains médicaments présents dans les déchets de fabrication de produits pharmaceutiques

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés 07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 – Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- Cu mis en solution dans le procédé de gravure à l'eau forte
- Certains métaux présents dans des toners d'impression (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
 08 03 16* déchets de solutions de gravure à l'eau forte

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
 08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des subst. dangereuses

10 – Déchets provenant de procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets des centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
 - 10 01 02 cendres volantes de charbon
- 10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium
 - 10 03 08* scories salées de production secondaire 10 03 09* crasses noires de production secondaire
 - 10 03 21* autres fines et poussières (dont fines de broyage de crasses) contenant des subst. dangereuses
 - 10 03 29* déchets provenant du traitement des scories salées et du traitement des crasses noires contenant des subst. dangereuses
- 10 06 Déchets provenant de la pyrométallurgie du cuivre
 - 10 06 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 06 02 crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 06 03* poussières de filtration des fumées
 - 10 06 04 autres fines et poussières
 - 10 06 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
 - 10 06 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
 - 10 06 09* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
 - 10 06 10 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 06 09
 - 10 06 99 déchets non spécifiés ailleurs

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets des centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
 - 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
 - 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 - 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 - 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération avec subst. dangereuses
 - 10 01 16* cendres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses

- 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
 - 10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
 - 10 02 02 laitiers non traités
 - 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
 - 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
 - 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
 - 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11
 - 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
- 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
 - 10 04 01* scories provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 04 02* crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
 - 10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 05 Déchets provenant de la pyrométallurgie du zinc
 - 10 05 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
- 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
 - 10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 - 10 09 11* autres fines contenant des subst. dangereuses
- 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
 - 10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 - 10 10 11* autres fines contenant des subst. dangereuses

11 – Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 11 02 Déchets provenant des procédés hydrométallurgiques des métaux non ferreux
 - 11 02 05* déchets provenant des procédés hydrométallurgiques du cuivre contenant des subst. dangereuses
 - 11 02 06 déchets provenant des procédés hydrométallurgiques du cuivre autres que 11 02 05

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
 - 11 01 05* acides de décapage
 - 11 01 06* acides non spécifiés ailleurs
 - 11 01 07* bases de décapage
 - 11 01 08* boues de phosphatation
 - 11 01 09* boues et gâteaux de filtration contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 10 boues et gâteaux de filtration autres que la rubrique 11 01 09
 - 11 01 11* liquides aqueux de rinçage contenant des subst. dangereuses

- 11 01 15* éluats et boues des systèmes à membrane et des systèmes d'échange d'ions avec subst. dangereuses
- 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
- 11 02 Déchets provenant des procédés hydrométallurgiques des métaux non ferreux
- 11 02 02* boues provenant de l'hydrométallurgie du zinc (dont jarosite et goëthite)

12 – Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
- 12 01 13 déchets de soudure

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
 - 12 01 03 limaille et chutes de métaux non ferreux
 - 12 01 04 fines et poussières de métaux non ferreux
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses
 - 12 01 15 boues d'usinage autres que celles de la rubrique 12 01 14 12 01 16* déchets de grenailage contenant des subst. dangereuses
 - 12 01 18* boues métalliques (provenant du meulage et de l'affûtage) contenant des hydrocarbures
 - 12 01 20* déchets de meulage et matériaux de meulage contenant des subst. dangereuses

13 – Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles des chap. 05, 12 et 19)

- Métaux et HAP présents dans des huiles moteurs

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées
 - 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
 - 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
 - 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
 - 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
 - 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

15 – Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 – Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- Métaux, BTEX, diphenyléther polybromés présents dans des VHU
- Métaux, BTEX présents dans des filtres à huile
- Cuivre, PCB et hexachlorobenzène présents dans les transformateurs contenant des PCB
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Chrome, cuivre, nickel et zinc potentiellement présents dans les catalyseurs usés
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
 - 16 02 09* transformateurs et accumulateurs contenant des PCB
 - 16 02 10* équipements mis au rebut contenant des PCB ou contaminés par de telles subst. autres que 16 02 09

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et 16 06 et 16 08)
 - 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
 - 16 01 18 métaux non ferreux
- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
 - 16 02 13* équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que 16 02 09 à 16 02 12
 - 16 02 15* composants dangereux retirés des équipements mis au rebut
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 08 Catalyseurs usés
 - 16 08 02* catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition dangereux
 - 16 08 03 catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition non spécifiés ailleurs
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 – Déchets de construction et de démolition (dont déblais de sites contaminés)

- Bois traités (créosote, Lindane, pentachlorophénol, chrome, cuivre, arsenic)
- Divers polluants métalliques, organiques, minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 17 04 Métaux (dont leurs alliages)
- 17 04 01 cuivre, bronze, laiton

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 17 02 Bois, verre et matières plastiques
- 17 02 04* bois, verre et matières plastiques contenant des subst. dangereuses ou contaminés par de telles subst.
- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
- 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
- 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

19 – Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- Métaux dans les cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des déchets de traitement mécanique de déchets de bois traités
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
- 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
- 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
- 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses
- 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
- 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
- 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
- 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
- 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
- 19 02 04* déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
- 19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des subst. dangereuses

- 19 03 Déchets stabilisés/solidifiés
- 19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement stabilisés
- 19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés
- 19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification
- 19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée
- 19 05 Déchets de compostage
- 19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés
- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
- 19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
- 19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds
- 19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux
- 19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières avec subst. dangereuses
- 19 10 05* autres fractions contenant des subst. dangereuses
- 19 12 Déchets provenant du traitement mécanique des déchets (par exemple, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
- 19 12 06* bois contenant des subst. dangereuses
- 19 12 11* autres déchets (dont mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des subst. dangereuses
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
- 19 13 01* déchets solides de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
- 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
- 19 13 05* boues de la décontamination des eaux souterraines avec subst. dangereuses
- 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 – Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- Métaux dans des acides usés
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément
- Métaux dans des équipements électriques et électroniques collectés séparément
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des bois traités collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues
- Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure
- Bois traités (créosote, Lindane, pentachlorophénol, chrome, cuivre, arsenic)

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 35* équipements électriques et électroniques mis au rebut contenant des composants dangereux, autres que rubriques 20 01 21 et 20 01 23
- 20 01 36 équipements électriques et électroniques mis au rebut autres que 20 01 21, 20 01 23 et 20 01 35

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 14* acides
- 20 01 27* peinture, encres, colles et résines contenant des subst. dangereuses
- 20 01 37* bois contenant des subst. dangereuses
- 20 03 Autres déchets municipaux
- 20 03 03 déchets de nettoyage des rues

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

Le cuivre métal, s'oxyde lentement au contact de l'air en Cu_2O qui recouvre alors le métal d'une couche protectrice contre la corrosion (passivation du métal). (INERIS, 2010)

Le cuivre est rejeté dans l'atmosphère sous forme particulaire d'oxyde, de sulfate ou de carbonate ou adsorbé à de la matière particulaire. Nous n'avons pas d'information quand au comportement des particules de cuivre dans l'air. (INERIS, 2010)

Eau

Dans les milieux aquatiques, le comportement du cuivre est influencé par de nombreux processus tel que la complexation avec des ligands organiques (surtout sur les groupes NH^2 et SH , et dans une moindre mesure sur le groupe OH) ou minéraux. Des phénomènes d'adsorption peuvent également avoir lieu sur des oxydes métalliques, des argiles ou des matières organiques particulaires, par présence de cations de compétition (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , etc.), par présence de sels (OH^- , S^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , etc.) et par échange entre les sédiments et l'eau. La majorité du cuivre rejeté dans l'eau est sous forme particulaire et tend à se déposer, à précipiter ou à s'adsorber à la matière organique, au fer hydraté, aux oxydes de manganèse ou aux argiles. (INERIS, 2010)

Dans une eau dure, une majorité du cuivre est précipitée sous forme de composés insolubles (carbonate à hauteur de 0,1 à 1 mg/L). Plus particulièrement l'oxyde cuivreux Cu_2O est insoluble dans l'eau alors que les formes CuSO_4 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ et CuCl_2 ne le sont pas. (INERIS, 2010)

L'ion Cu^+ est instable dans l'eau sauf en présence d'un ligand stabilisateur comme les sulfures, les cyanures ou les fluorures. L'ion Cu^{2+} forme de nombreux complexes stables avec des ligands minéraux, tels les chlorures ou l'ammonium, ou avec des ligands organiques. (INERIS, 2010)

Dans l'eau, le cuivre particulaire représenterait de 40 à 90% du cuivre. Après introduction du cuivre dans le milieu aquatique, l'équilibre chimique est généralement atteint en 24 heures (INERIS, 2010)

Sols /sédiments

Dans la nature, le cuivre se trouve aux états d'oxydation I ou II, sous forme de sulfures, sulfates, carbonates, oxydes et sous forme native minérale. Le comportement du cuivre dans le sol dépend de nombreux facteurs : le pH du sol, son potentiel redox, sa capacité d'échange cationique, le type et la distribution de matières organiques, la présence d'oxydes, la vitesse de décomposition de la matière organique, les proportions d'argiles, de limons et de sables, le climat et le type de végétation présente. (INERIS, 2010)

L'adsorption du cuivre dans le sol dépend fortement du pH. En effet, une diminution du pH entraîne une réduction de la quantité de métal fixé et donc une libération du métal. Dans les sols, le cuivre se fixe préférentiellement sur la matière organique (cela concerne de 25 à 50% du cuivre), les oxydes de fer et de manganèse, les carbonates et les argiles. Cette caractéristique fait que la majorité du cuivre reste fortement adsorbée dans les quelques centimètres supérieurs du sol, spécialement sur les matières organiques présentes. Le cuivre migre donc peu en profondeur, sauf dans des conditions particulières de drainage ou en milieu très acide. (INERIS, 2010)

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

L'ensemble des méthodes décrites concerne le cuivre et ses composés qui seront toujours mis en solution et dosés sous forme de cuivre.

Eaux (INERIS, 2011)**Prélèvements**

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre borosilicaté) préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.

Conditionnement

Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en terme de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un $\text{pH} < 2$).

Par ailleurs, il faut veiller à remplir les flacons pour qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.

Extraction / préparation

Il est possible de doser le cuivre sous trois formes :

Le cuivre dissous : il se retrouve dans la phase liquide du prélèvement d'eau qui est récupérée après filtration sur membrane de porosité 0,45 μm .

Le cuivre particulaire : il se retrouve sur le filtre de porosité 0,45 μm , et il est dosé après attaque acide du filtre.

Le cuivre total : il est obtenu en faisant la somme des dosages du cuivre dissous et du cuivre particulaire. Il est cependant possible d'effectuer l'analyse de l'élément total en procédant à une digestion appropriée de l'eau (sans l'avoir filtrée au préalable). Cette méthode est adaptée uniquement lorsque la quantité de matières en suspension (particules) n'est pas trop importante.

Dosage**Méthodes de dosage**

Il existe différentes méthodes spectroscopiques pour l'analyse du cuivre minéralisé :

La spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (F-AAS) et la spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique (GF-AAS).

Ces deux méthodes fonctionnent sur le même principe de détection (absorption de la lumière émise par une lampe "cuivre"). La différence entre les 2 méthodes se situe au niveau de l'atomisation : la flamme ne permet pas une atomisation optimale pour atteindre des limites de détection aussi faibles qu'en atomisation électrothermique.

La spectrométrie d'émission atomique couplée à une torche à plasma (ICP-AES)

Cette méthode fonctionne sur le principe inverse de la précédente en termes de détection, il s'agit d'obtenir un spectre caractéristique des raies du cuivre suite à une atomisation qui a lieu dans un plasma d'argon. L'intensité de ces raies est proportionnelle à la quantité d'atomes présents en solution. Cette technique permet de doser de fortes comme de faibles concentrations.

La spectrométrie de masse couplée à une torche à plasma (ICP-MS)

Cette méthode permet l'introduction de l'échantillon dans un plasma d'argon, il est ainsi ionisé et les ions sont séparés dans le spectromètre de masse en fonction du rapport masse/charge (M/z). Les rapports M/z sont caractéristiques de l'élément.

METHODES ANALYTIQUES**NF EN ISO 5667 – 3 Qualité de l'eau – Echantillonnage – Guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons - février 1996**

La norme donne des directives sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau. Cette norme présente en particulier le type de flacons et la méthode de conditionnement à utiliser pour la conservation optimale de chaque élément trace à doser.

NF EN ISO 11885 Qualité de l'eau – dosage de 33 éléments par spectrométrie d'émission atomique avec plasma couplé par induction – mars 1998

La norme prescrit une méthode de dosage pour 33 éléments (totaux, dissous ou particulaires) dans les eaux brutes, potables ou résiduaires. La limite de détection pour le cuivre se situe à 0,01 mg/L pour la longueur d'onde 324,754 nm et pour la longueur d'onde 327,396 nm.

Le choix des longueurs d'onde dépend de la matrice car il existe plusieurs types d'interférences pouvant conduire à des inexactitudes dans le dosage des éléments à l'état de traces. Pour remédier à ces problèmes d'interférences, il est possible, soit de réaliser un balayage en longueur d'onde pour détecter toute éventuelle interférence spectrale possible, soit de compenser les interférences dues au bruit de fond par une correction du bruit de fond adjacente à la raie analytique.

Dans le cas du cuivre, les éléments interférents signalés sont le Ti et le Fe pour la longueur d'onde 324,754 nm.

Cette méthode consiste à mesurer l'émission atomique par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission des raies caractéristiques sont dispersés par un réseau et l'intensité des raies est mesurée par un détecteur.

FD T 90-112 - Qualité de l'eau – Dosage de huit éléments métallique (Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Pb) par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme - juillet 1998

Cette norme décrit deux méthodes de dosages dans les eaux, par absorption atomique flamme de huit éléments métalliques.

- La méthode directe : elle est applicable quand les concentrations des éléments à doser sont élevées et quand il n'y a pas d'interférences notables (le domaine de dosage pour le cuivre dans ce cas se situe entre 0,05 et 6 mg/L).

- La méthode de dosage après complexation et extraction : elle est applicable à des eaux peu chargées en matières organiques (le domaine de dosage pour le cuivre dans ce cas se situe entre 1 et 200 µg/L).

Principe : l'échantillon est nébulisé dans la flamme d'un spectromètre d'absorption atomique. La concentration de chaque élément est donnée directement par la courbe d'étalonnage quand l'appareil est équipé d'un dispositif de correction de fond continu ou indirectement après avoir effectué une correction de l'absorbance non spécifique.

FD T 90-119 Qualité de l'eau – Dosage d'éléments minéraux (Al, Sb, Ag, As, Ba, Co, Cu, Sn, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V) par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique – juillet 1998

Le document fournit des recommandations générales pour le dosage de plusieurs éléments minéraux par absorption atomique avec atomisation électrothermique. Il concerne essentiellement les eaux brutes, les eaux souterraines et les eaux potables. Elle concerne des eaux ayant une minéralisation totale inférieure à 1 500 mg/L. Pour le cuivre, le domaine de travail se situe entre 1 et 50 µg/L.

Principe : l'échantillon est injecté dans le four d'un spectromètre d'absorption atomique avec atomisation électrothermique. Les mesures d'absorbance sont réalisées à 324,7 nm.

Projet ISO/CD 17291-1 : Qualité de l'eau- Détermination de 61 éléments par ICP-MS décembre 2001

Domaine d'application : la norme décrit une méthode de dosage pour 61 éléments dans les eaux potables et relativement peu chargées. Elle peut s'étendre aux boues et sédiments après digestion en tenant compte des interférences possibles. Dans les eaux potables et relativement peu polluées, pour la plupart des éléments les limites de dosage se situent entre 0,1 et 1 µg/L. Les limites peuvent être plus élevées quand il y a la présence d'interférent ou d'effet mémoire.

Il existe deux types d'interférences :**Les interférences spectrales dans le cas du cuivre :**

- avec l'isotope 63, il existe une interférence avec le ArNa, POO, MgCl.
- avec l'isotope 65, il existe une interférence avec le SOOH.

Les interférences non spectrales :

Elles proviennent des différentes propriétés physiques des solutions (matrice, viscosité) qui ont tendance à avoir un effet sur le signal et dans ce cas elles peuvent être corrigées avec l'utilisation d'un étalon interne ou par dilution de l'échantillon. Elles peuvent également provenir de la salinité de la solution ou des résidus de l'échantillon qui ont tendance à créer un effet mémoire, d'où la nécessité d'utiliser des contrôles avec des blancs de solution.

Principe : Cette méthode consiste à mesurer les ions par un spectromètre de masse après nébulisation dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les rapports m/Z sont caractéristiques de l'élément à doser.

ISO/DIS 15586 - Qualité de l'eau - Détermination d'éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique four graphite d'absorption atomique four graphite - septembre 2002

Domaine d'application : La norme décrit une méthode de dosage par spectrométrie d'absorption atomique four graphite pour plusieurs éléments (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn) dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les eaux de rejet, les eaux potables et les sédiments. Cette méthode permet d'atteindre de faibles concentrations.

Principe L'échantillon est injecté dans le four d'un spectromètre d'absorption atomique avec atomisation électrothermique. Les mesures d'absorbance sont réalisées à 324,7 nm en utilisant le Pd+Mg(NO₃)₂ comme modifiant de matrice.

Certaines solutions comme les eaux de rejets ou de digestion des éléments peuvent contenir une grande quantité de substances pouvant affecter les résultats. Une concentration élevée en chlorures peut rendre certains éléments plus volatils et occasionner des pertes pendant l'étape de pyrolyse. Il est conseillé d'utiliser des tubes pyrolytiques, des plates-formes, des modifiants de matrice, la technique des ajouts dosés ou une correction de fonds pour minimiser ces effets.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et changement de process dans les industries du déchet**

Les rejets de cuivre dans le milieu aquatique sont significativement générés par la **corrosion des canalisations**. (INERIS, 2010)

D'après le document de référence recensant les meilleures techniques disponibles sur les systèmes de **refroidissement industriels**, afin de réduire les émissions de cuivre dues à la corrosion, l'utilisation de ce métal peut être remplacée par celle d'une gamme de matériaux, qui, par ordre croissant de résistance, sont : (INERIS, 2010)

- l'acier au carbone
- le titane
- l'acier inoxydable
- l'acier galvanisé
- l'alliage d'aluminium
- le laiton

Le choix des matériaux alternatifs portera sur les critères suivants : la résistance à la corrosion, la résistance à l'érosion mécanique et à la pollution biologique. Outre l'acier inoxydable, parmi les matériaux ayant une résistance égale ou supérieure à celle de l'alliage de cuivre, il existe :

- **l'alliage d'aluminium** : des échangeurs thermiques constitués d'alliages d'aluminium, sont proposés à l'échelle industrielle, par exemple les unités de dessalement de l'eau de mer. (INERIS, 2010)
- **Le titane** : outre sa forte résistance à la corrosion, même dans de l'eau extrêmement polluée, ce matériau présente plusieurs avantages : il est possible d'utiliser des tuyaux extrêmement minces, la conductivité de la chaleur est excellente, le matériau est bien adapté à la réutilisation, la durée de vie probable du matériau est longue. Cependant, la prolifération biologique est plus importante qu'avec des matériaux contenant du cuivre, il nécessite donc une utilisation supplémentaire de biocides. Un autre inconvénient est que le titane peut difficilement être utilisé dans un environnement réducteur car aucune couche protectrice d'oxyde ne se forme. Quoiqu'il en soit, la substitution du cuivre par le titane est handicapée par le coût de ce matériau alternatif. (INERIS, 2010)

Pour information, différentes techniques permettent le traitement ou la récupération du cuivre présent **dans les rejets industriels**. Elles sont particulièrement utilisées dans le secteur du traitement de surface des métaux et des matières plastiques. (INERIS, 2010) On peut citer les procédés d'osmose inverse, de précipitation par augmentation du pH ou par ajout de dithionite de sodium, d'électrolyse, de cristallisation à froid d'échanges ioniques sur résine, d'échange ionique liquide (INERIS, 2010). Ces procédés sont adaptés à des eaux de process industriels concentrées en cuivre.

L'élimination du cuivre **dans les stations d'épuration urbaines** varie en fonction des filières. Les techniques disponibles sont la coagulation-floculation-décantation, la filtration sur sable et sur charbon actif en grain (CAG), la pré-chloration et la décarbonatation. (INERIS, 2010)

Généralement, le rendement d'épuration des métaux est élevé. En effet, la majorité du cuivre étant sous forme particulaire, les procédés de filtration sont efficaces. Cette filtration peut être précédée d'étapes de chloration et de décarbonatation qui interviennent sur la précipitation du cuivre en $\text{Cu}(\text{Cl})_2$ ou $\text{Cu}(\text{OH})_2$, ces étapes permettent également un bon rendement d'élimination du cuivre dissous. (INERIS, 2010)

Traitement par coagulation, floculation, décantation

Cette technique est couramment appliquée en association ou non à un traitement biologique. Elle permet d'abattre significativement la concentration en cuivre sans toutefois atteindre les limites imposées par la DCE. Cette technique ne permettant pas d'atteindre les objectifs de la DCE (14 µg/l sur la base de 10xNQE), un traitement complémentaire peut donc être nécessaire (traitement membranaire par exemple) (RMC, 2010)

La coagulation par les sels d'aluminium et de fer peut éliminer le cuivre. L'utilisation du charbon actif en poudre couramment (correspondant à 20 g/m³) a peu d'influence sur le cuivre comme pour les autres métaux lourds et n'améliore pas significativement l'efficacité du traitement. (INERIS, 2010)

Afin d'atteindre des seuils de rejets plus faibles en métaux lourds des produits utilisant le TMT (ou de dithiocarbamate, etc.) sont de plus en plus souvent utilisés. Ces produits insolubilisant ou précipitant de métaux lourds trouvent naturellement leurs utilités dans les installations d'incinération. L'ajout de faibles quantités d'insolubilisant dans l'installation de traitement des eaux de lavage des fumées permet de précipiter avec assurance et d'éliminer les liaisons complexes de cuivre. (REX ARCADIS)

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique (Choubert, et al., 2011)**Traitement par bioréacteur à membrane**

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du Cuivre par bioréacteur à membrane est supérieur à 70%. Rendement moyen de 83 % sur 6 points de mesures

Traitement combiné

Selon le projet AMPERES des rendements supérieurs à 70% peuvent être obtenus pour les procédés de traitement secondaires suivants :

- Décantation primaire + boues activées moyenne charge
- Décantation primaire physico-chimique + bio filtre 1^{er} étage
- Décantation primaire + boues activées moyenne charge + bio filtre 1^{er} étage
- Décantation primaire + MBBR (procédés à culture fixée sur support mobile)
- Décantation primaire physico-chimique + bio filtre 2^{ème} étage
- Décantation primaire + boues activées aération prolongée
- Décantation primaire + lagune
- Lit bactérien + filtre écoulement vertical

Filtration sur sable

La filtration sur sable n'élimine par les métaux lourds, elle permet juste de récupérer les floccs encore présents après le passage dans le décanteur (INERIS, 2010). L'affinité du cuivre au charbon actif est cependant jugée comme faible (w8000, 2007).

Filtration sur charbon actif en grain (CAG)

La filtration sur CAG permet une réduction du cuivre ionique (INERIS, 2010)

La pré-chloration

La chloration combinée à la coagulation-décantation, à la filtration sur sable et à la filtration sur CAG améliore nettement la réduction des métaux lourds (INERIS, 2010)

La décarbonatation

La décarbonatation à la chaux réduit notablement les métaux lourds dont le cuivre (INERIS, 2010)

Traitement membranaire

Cette technique peut donner de bons résultats sous réserve de le pousser jusqu'à l'osmose. (RMC, 2010)

Traitement complémentaire

Les métaux sont également transférés dans les boues des stations biologiques qui constituent par conséquent un traitement à part entière. (RMC, 2010)

REFERENCES

AQUAREF Cuivre [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - Version du 27/09/2010.

Carlo-Erba Carlo Erba Chemicals - Catalogue des produits chimiques [Ouvrage] = Section IV - Tables Techniques. - 2009. - 100ème édition : pp. pages 801-802. - <http://carloerbareagents.com/Default.aspx?url=Repository%2fDownload%2fFR%2fcatalogue.html>.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en fili ères convent ionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancée visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

INERIS Cuivre [En ligne] // Portail des Substances Chimiques. - 2011. - consulté en avril 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/683>.

INERIS Cuivre et dérivés - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 66 pages.

INERIS Cuivre, composés et alliages [Rapport] : Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - En ligne : <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/683#>. - INERIS – DRC-10-102861-01255A.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

MERCURE ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF**Symbole** : Hg

Famille :

N° CAS : 7439-97-6métaux
sels métalliques**Propriétés physico-chimiques :****Masse molaire** : 200,59 g/mol (INERIS, 2010)**Solubilité dans l'eau** : $56,7 \cdot 10^{-3}$ mg/l à 20 °C (INERIS, 2010)**Pression de vapeur** : 0,15 Pa à 20°C (RMC, 2010) - 0,17 Pa à 20°C (INERIS, 2010)**Constante de Henry** : 729,36 à 20 °C (INERIS, 2010)**Coefficient de partage eau/sédiment** : 4,9 (AQUAREF, 2101)**Coefficient de partage eau MES** : 5,3 (AQUAREF, 2101)**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**

Le mercure est volatil, réagit avec la matière organique, forme des amalgames avec d'autres métaux. Il est susceptible de changer de spéciation dans certaines conditions physico-chimiques et sous l'action de bactéries.

Le mercure est incompatible avec l'acide oxalique, l'acétylène et l'ammoniaque (Carlo Erba, 2009)

Toxicité et écotoxicité :**NQE-MA**⁴⁹⁴ : 0,05 µg/L (Dir. 2008/105/CE)**NQE-CMA**⁴⁹⁵ : 0,07 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 0,5 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC_{eau douce} Hg inorganique : 0,24 µg/l pour les effets directs (INERIS, 2010)**PNEC**_{eau douce} Hg organique : 0,01 µg/l pour les effets directs (INERIS, 2010).**Occurrence du mercure dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 - campagne en cours - données partielles novembre 2011)**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés⁴⁹⁶ de mercure du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 216,8 g/j (167 sites - 870 mesures - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 3 supérieurs au seuil réduction)

Selon ces données, le mercure est une substance d'intérêt pour les rejets des sous secteurs 3.1 (Regroupement et traitement DD), 3.3 (UIOM), et 3.5 (Autres sites DND).

Le mercure ne fait pas partie des analyses systématiques des rejets du sous-secteur 3.4.

Traitabilité résumé⁴⁹⁷

Le mercure est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible d'être détruite par un traitement.

Le mercure peut être éliminé des eaux usées par une combinaison du réajustement du pH et adsorption (abattelements jusqu'à 2 µg/l) ; par échange d'ions (en finition) ; par filtration par membrane ; par ajouts d'insolubilisant dans l'effluent à traiter ;

Des méthodes sont en cours de développement : le traitement par stripping avec du chlorure d'étain pour réduire Hg²⁺ en Hg⁰, volatil ; le traitement combiné qui permet la transformation en mercure élémentaire par voie biologique et son adsorption sur du charbon actif ; des successions d'étapes de traitement biologiques aérobies et anaérobies ; le stripping avec du chlorure d'étain pour réduire Hg²⁺ en Hg⁰ qui est volatil ; la chélation du mercure par les calixarènes en milieu aqueux.

D'autres méthodes biologiques de finition en aval de stations d'épuration sont cités tels que la phytovolatilisation et la rhizofiltration.

⁴⁹⁴ **NQE-MA** : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle⁴⁹⁵ **NQE-CMA** : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible⁴⁹⁶ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné⁴⁹⁷ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

DESCRIPTIF DES SELS DE MERCURE**Propriétés physico-chimiques :****Mercure inorganique**

	oxyde de mercure	sulfure de mercure	chlorure mercurique	chlorure mercurieux
synonyme	oxyde mercurique	sulfure mercurique cinabre	bichlorure de mercure	
formule	HgO	HgS	HgCl ₂	HgCl
n° CAS	21908-53-2	1344-48-5	7487-94-7	10112-91-1
Masse molaire (g/mol)	216,61 (POLDEN, et al., 2004)	232,65 (POLDEN, et al., 2004)	271,52 (INERIS, 2010)	472,09 (INERIS, 2010)
Solubilité dans l'eau (mg/l)	52 à 20°C (POLDEN, et al., 2004)	0,01 à 20°C (POLDEN, et al., 2004)	69 000 à 20°C (INERIS, 2010)	
Pression de vapeur (Pa)	12000 à 360°C (POLDEN, et al., 2004)	pas d'info	0,009 à 20°C (INERIS, 2010)	pas d'info (INERIS, 2010)
Constante de Henry (Pa·m³/mol)			3,6.10 ⁻⁵ à 20 °C (INERIS, 2010)	

Mercure organique

	méthylmercure	diméthylmercure	chlorure de méthylmercure	méthylmercure dicyandiamide
synonyme				methylmercuric cyanoguanidine,
formule	CH ₃ Hg ⁺	(CH ₃) ₂ Hg	CH ₃ HgCl	CH ₃ Hg DCD
n° CAS	22967-92-6	593-74-8	115-09-3	502-39-6
note	n'existe pas à l'état libre			
Masse molaire (g/mol)		230,66 (POLDEN, et al., 2004)	251,1 (INERIS, 2010)	
Solubilité dans l'eau (mg/l)		insoluble (POLDEN, et al., 2004)	6 000 à 25 °C (INERIS, 2010)	
Pression de vapeur (Pa)		62,3 à 25°C (POLDEN, et al., 2004)	1,8 à 25°C (INERIS, 2010)	
Log Kow			2,5 (INERIS, 2010)	
Constante de Henry (Pa·m³/mol)			6,6.10 ⁻² à 25 °C (INERIS, 2010)	

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

Dans l'eau, le mercure élémentaire est quasiment insoluble. Les composés organiques sont solubles. La solubilité des composés du mercure inorganique est très variable : des composés comme le chlorure mercurique sont solubles, alors que le sulfure mercurique est complètement insoluble. La solubilité des composés organiques est également variable mais tous sont plus ou moins solubles. (INERIS, 2010)

Dans les sols, le mercure est faiblement mobile car il est rapidement immobilisé (par les oxydes de fer, d'aluminium et le manganèse et surtout par la matière organique) et il a tendance à rester dans les horizons de surface. Dans les sols, à l'état naturel, le mercure se trouve principalement sous forme de cinabre (sulfure de mercure). Sous certaines conditions, le mercure est méthylé (principalement en monométhylmercure). Des réactions d'oxydo-réduction permettant le passage entre les degrés 0 et +II du mercure se produisent aussi. Une partie du mercure présent dans le sol est éliminé par volatilisation. (INERIS, 2010)

Dans l'air : le mercure élémentaire et les composés organiques du mercure sont volatils. Les composés inorganiques le sont très peu. Dans l'atmosphère, la plus grande partie du mercure est sous forme élémentaire. Le diméthylmercure, qui lui aussi est volatil, serait rapidement dégradé en Hg⁰ dans l'atmosphère (son temps de résidence n'est que de quelques jours, voir de quelques semaines). Hg⁰ peut rester dans l'atmosphère pendant des temps très longs (durée de vie entre 2 mois et 3 ans). (INERIS, 2010)

Les diverses formes du mercure sont susceptibles d'évoluer dans l'environnement (INERIS, 2010). L'une des principales particularités du mercure est de subir, dans les sols, les sédiments et les poissons, des réactions de méthylation / déméthylation :

Méthylation du mercure dans les sols et sédiments

Le monométhyl et le diméthylmercure (CH₃Hg⁺ et (CH₃)₂Hg) sont formés dans les sols et les sédiments à partir des sels de mercure inorganique par des bactéries aérobies ou anaérobies (ou parfois par voie chimique). Le mercure métallique peut aussi être méthylé après avoir été oxydé en Hg²⁺.

La déméthylation (par voie biologique ou chimique) est aussi possible dans les sols.

De nombreux paramètres influencent la méthylation et la déméthylation, par exemple la concentration en ions sulfures (S²⁻) et le potentiel d'oxydoréduction. En conditions réductrices, le précipité insoluble HgS est formé et il résiste à la méthylation. Si les conditions deviennent aérobies, HgS est oxydé en HgSO₄ qui peut subir une méthylation. La matière organique présente dans les sols favorise la méthylation

Méthylation du mercure inorganique dans les sédiments et les poissons.

La méthylation du mercure inorganique peut se faire de façon abiotique (en particulier dans les sédiments) ou biotique, grâce à l'action de bactéries ou d'organismes aquatiques. D'après certains auteurs, on trouve de 0,01 à 10 % de mercure sous forme méthylée dans l'eau et les sédiments, environ 15 % dans les algues, de 20 à 50 % dans les invertébrés et de 80 à 99 % dans les poissons.

L'acidification du milieu augmente le taux de méthylation,

REGLEMENTATION**Réglementation européenne**

- Substance dangereuse prioritaire de l'Annexe X de la DCE modifiée (annexe II de la Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁴⁹⁸) : le mercure et ses composés sont identifiés en tant que substances dangereuses prioritaires
- Le mercure et ses composés sont mentionnés dans l'annexe I de la Directive 2008/105/CE
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique** présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁴⁹⁹
 - Annexe 1 : le mercure fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (**Hg & composés**)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (en italique - Hg & composés)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (**Hg & composés**)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (**Hg & composés**)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 0,5 µg/L

NEOFORMATION

Le mercure est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

La néoformation de certains composés organomercuriels (ex.: éthylmercure, méthylmercure) a lieu naturellement dans des conditions physicochimiques particulières associées à la présence de bactéries spécifiques. Ces composés sont hautement toxiques et bioaccumulables au travers la chaîne alimentaire.

⁴⁹⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁴⁹⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRODUCTION / UTILISATION**Production**

Le mercure provient de gisements souterrains situés à des profondeurs comprises entre quelques mètres et 700 mètres. Le minerai (cinabre) est un sulfure naturel de mercure, extrait par des techniques minières classiques, puis broyé et grillé dans un four. Le mercure, libéré sous forme vapeur, est recueilli par condensation. (INERIS, 2010)

Utilisations

Le mercure est utilisé dans diverses activités industrielles. Sur la base des réponses à un questionnaire de l'OCDE, les consommations de mercure se répartissaient de la manière suivante entre 1988 et 1992 : batteries électriques 25 %, équipements électriques et équipements de mesure 16 %, industrie chimique 28 %, peintures 10 %, amalgames dentaires 7 %, autres applications (usage destiné aux laboratoires...) 14 %..(INERIS, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Pas d'utilisation spécifique du mercure en tant que tel dans les procédés des industries du déchet. Lorsqu'il est initialement présent dans les déchets (ex. piles...), du mercure, peut être émis, par exemple dans les rejets gazeux.

Utilisation / émissions dans le secteur des industries de la chimie

- **Chimie organique: oléfines (craquage), aromatiques, composés oxygénés, azotés, halogénés, sulfureux, phosphorés, organométalliques**

Présence de Hg dans les rejets directs aqueux des industries de produits chimiques organiques de base (0,9 t). Cela représente 19% de la présence de Hg et 30% des rejets indirects (RMC, 2010)

- **Autres secteurs chimiques**

Industrie du chlore : production de Cl₂ par électrolyse d'une solution de sel. La production en 2002 était de 1,7 Mt.(RMC, 2010)

Production de chaux : données disponibles très limitées sur rejets métalliques. Des mesures effectuées sur les différents types de four à chaux démontrent les niveaux de cadmium, de mercure et de thallium nettement inférieur à 0,1 mg/ m³ (RMC, 2010)

Utilisation/ émissions dans les autres secteurs industriels

- **Raffinage**

Les raffineries sont équipées de plusieurs grandes installations de combustion (GIC) (fours de craquage, unités Claus...). Les GIC sont des sources non-intentionnelles de mercure.

Le pétrole contient du mercure dans des proportions variables (Hg dans les rejets aqueux de raffineries de pétrole et de gaz 0,19 t, soit 4% des rejets de Hg)

- **Fabrication industrielle par transformation chimique d'engrais simple ou composés à base de phosphore, d'azote et de potassium**

Du mercure est retrouvé dans les rejets aqueux des industries chimiques inorganiques de base ou d'engrais (1,55 t), soit 33% des rejets qui s'ajoutent aux 5% de rejets indirects (RMC, 2010)

- **Blanchisserie**

Emissions indirectes de Hg dans les effluents aqueux des installations destinées au prétraitement de fibres ou de textiles (10 t/j). (RMC, 2010)

- **Fonderie, production et/ou transformation de métaux non ferreux**

De nombreux minerais contiennent des traces de mercure, ainsi, lors de leur traitement (généralement par "dégrillage") des vapeurs de mercure sont générées. Même si ces traces de mercure sont présentes en quantités très faibles dans les minerais, les quantités de mercure générées peuvent être significatives du fait des quantités importantes de minerais traités (RMC, 2010).

Du fait de la grande variabilité des teneurs en mercure au sein des minerais ainsi que des différents procédés de traitement des vapeurs mis en œuvre, cette production accidentelle de mercure est difficilement chiffrable. Néanmoins, les rejets environnementaux de mercure issus de la production française de métaux non ferreux (zinc et plomb notamment) ont été estimés pour l'année 1993 à 18 tonnes. Selon le (CITEPA, 2007), les émissions de mercure liées à la production de métaux non-ferreux en France sont nulles depuis 2003, suite à la fermeture du site de METALEUROP à Noyelles Godault (RMC, 2010)

- **Industrie du bois**

Le bois contiendrait du Hg dans des proportions variables (RMC, 2010)

- **Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires**

Du mercure peut être généré lors de la combustion (RMC, 2010).

- **Fabrication d'accumulateurs et de piles**

Les piles salines contenaient 0,6% de mercure. Actuellement les piles salines ne contiennent plus de mercure, il est substitué par un produit fluoré polyéthoxylé placé dans le séparateur (RMC, 2010)

Les piles alcalines : leur teneur en mercure est de 0,025% (RMC, 2010)

Les piles bouton : 10% de ces piles ont une cathode constituée d'un mélange HgO-C (par exemple les piles utilisées pour les appareils auditifs). Elles contiennent 30% de Hg. Les piles à oxyde d'argent et zinc-air contiennent 0,5% de Hg. Tous types de piles boutons confondus, la France consomme annuellement 40 t de ce type de pile. (RMC, 2010)

- **Autres secteurs majoritaires**

Thermomètres : autrefois, un thermomètre contenait 2 g de Hg ; aujourd'hui la vente de thermomètre à Hg a été interdite (RMC, 2010)

Amalgames dentaires : ils contiennent environ 50% de Hg (0,6 g de Hg par amalgame) et sont obtenus par trituration (mélange) à froid d'une poudre (par exemple : Ag: 70%, Sn: 25%, Cu: 4%, Zn: 1%) avec le mercure. En France, on estime, que les dentistes seraient responsables des 3/4 de la pollution des particuliers. Il convient également de prendre en compte la pollution atmosphérique en mercure provenant des amalgames dentaires depuis les crématoriums (RMC, 2010)

Appareils scientifiques : la quantité de mercure et/ou des composés mercuriels des équipements de mesure et de contrôle est difficilement quantifiable. Floyd et al. (2002) estiment que la durée moyenne de vie de tels instruments est de 10 ans. Cette donnée est à prendre en compte pour évaluer les futurs flux de mercure dans l'environnement suite à l'élimination de ces déchets. (RMC, 2010)

Lampes fluorescente : près de 50 millions de lampes et de tubes fluorescent sont vendus annuellement en France. Ces lampes contiennent en moyenne 15 mg de Hg. En 1996 on estimait la consommation de lampes fluorescente à 40 millions d'unités, de lampes fluo-compactes (3 à 10 mg de Hg par lampes) à 5 millions, de lampes lumineuses (30 mg de Hg par lampe) à 3,6 millions, soit, au total, 1 t de Hg/an. (RMC, 2010)

Industrie du ciment : les composés volatils présents dans le charbon et/ou les déchets utilisés pour chauffer les fours de cimenteries peuvent se vaporiser (absence de décomposition ou d'intégration chimique du clinker). L'incinération de déchets contenant des métaux volatils tels que le mercure peut donc entraîner une augmentation des émissions de ces substances. Les poussières résultant de la fabrication du ciment contiennent de faibles quantités de composés métalliques comme l'As, le Cd, le Hg, le Pb, le Tl, et le Zn. La principale source de poussières chargées en métaux est le four, y compris les pré-chauffeurs, les pré-calcinateurs, les fours rotatifs et les refroidisseurs à clinker. Leur concentration en métaux dépend de la matière à cuire et des éléments recyclés dans le four (Commission Européenne 2001). Comme les métaux qui entrent dans le four n'ont pas tous le même degré de volatilité et du fait de températures élevées, les gaz chaud du four contiennent aussi des métaux en phase gazeuse. L'étude du bilan matière montre que le clinker contient peu d'éléments fortement volatils, ce qui veut dire que ces substances s'accumulent dans le four. (RMC, 2010)

- **Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires**

Secteur d'activité où l'usage de mercure est prohibé (RMC, 2010)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de mercure du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 216,8 g/j (167 sites - 870 mesures - 4 flux supérieurs au seuil surveillance, 3 supérieurs au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

Sous secteur 3.1 : 35 sites (182 mesures - contributeur à 78% au flux du secteur 3) : 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 170 g/j

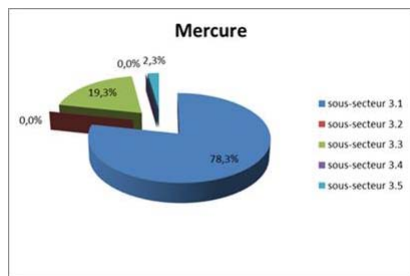
Sous secteur 3.2 : 72 sites (358 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0,06 g/j

Sous secteur 3.3 : 32 sites (191 mesures - contributeur à 19% au flux du secteur 3) 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 41,9 g/j

Sous secteur 3.4 : 3 sites (16 mesures - contributeur à 0% au flux du secteur 3). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 0 g/j

Le mercure ne fait pas partie des analyses systématiques du sous-secteur 3.4

Sous secteur 3.5 : 22 sites (123 mesures - contributeur à 2,3% au flux du secteur 3) 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 5,04 g/j

Répartition des flux en mercure dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)

3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le mercure ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.4,

Le mercure est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (216,8 g/j), le mercure est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

- 3.1 - Regroupement et traitement des déchets dangereux (1 rejet supérieur au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction, flux total de 170 g/j)
- 3.3 - Unités d'incinération des ordures ménagères (2 flux supérieurs au seuil surveillance, 2 au seuil réduction). Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 41,9 g/j
- 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 5,04 g/j)

Note : cet avis pourra être infirmé ou confirmé à la suite de l'ajout des autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Présence dans l'environnement

Le mercure est une substance naturellement présente dans l'environnement et lors d'une évaluation des risques, il est nécessaire de tenir compte de la concentration "naturelle" du milieu. L'approche des risques ajoutés permet de tenir compte de cette concentration. Cette approche est encore en discussion au niveau français. (INERIS, 2010)

L'importante volatilité du mercure fait que sa principale source dans l'environnement reste le dégazage de l'écorce terrestre, qui en rejette annuellement plusieurs milliers de tonnes. L'activité volcanique constitue aussi une source naturelle de mercure importante. Les rejets anthropogéniques sont principalement dus à l'exploitation des minerais (mines de plomb et de zinc), à la combustion des produits fossiles (charbon - fioul), aux rejets industriels (industrie du chlore et de la soude...) et à l'incinération de déchets. (INERIS, 2010)

Dans l'environnement, le mercure existe sous forme inorganique (Hg^{2+}) et organique, essentiellement à l'état de méthylmercure ($MeHg^+$) et de diméthylmercure (Me_2Hg). La toxicité du mercure est bien établie et le méthylmercure est reconnu comme la plus toxique de ces espèces.

Cet élément est présent à la fois dans l'air, les eaux et les sédiments mais aussi dans la faune et la flore marine. De nombreuses transformations physiques, chimiques et/ou biologiques sont responsables de la présence de certaines espèces du mercure dans l'environnement. À titre d'exemple, certains organismes aquatiques sont capables de bioaccumuler le méthylmercure à partir de très faibles concentrations dans les eaux. Ce phénomène s'amplifie tout au long de la chaîne alimentaire et peut poser des problèmes de santé publique.

Compartiment atmosphérique

Concentrations ubiquitaires : 1 à 4 ng/m³. (INERIS, 2010)

Eau Concentrations ubiquitaires : .(INERIS, 2010)

Mercure total : eaux souterraines : 0,5 à 15 ng/l

Méthylmercure : lacs : 0,04 à 0,8 ng/l

lacs : 0,5 à 12 ng/l

eau de pluie : <0,5 à 0,6 ng/l

rivières : 0,01 à 6 ng/l

mers : 0,05 à 3 ng/l

Sols

Concentrations ubiquitaires en mercure total : 0,03 à 0,15 mg/kg (de poids sec) .(INERIS, 2010)

Sédiments

Concentrations ubiquitaires en mercure total : < 0,4 mg/kg (de poids sec) .(INERIS, 2010)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du mercure dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

01 - Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Métaux associés aux déchets de forage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure

01 03 05* autres stériles contenant des subst. dangereuses

01 03 07* autres déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 04 07* déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des subst. dangereuses

05 - Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon**Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :**

- 05 07 Déchets provenant de la purification et du transport du gaz naturel
05 07 01* déchets contenant du mercure

06 - Déchets des procédés de la chimie minérale

- Métaux lourds présents dans certains sels
- As, Hg et autres métaux présents des certains déchets contenant des métaux
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Mercure présent dans des charbons actifs de production de chlore (par électrolyse à cathode de mercure)
- Mercure présent dans les boues de sulfate de baryum de production de chlore
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 06 04 Déchets contenant des métaux autres que la section 06 03
06 04 04* déchets contenant du mercure
- 06 07 Déchets provenant de la FFDU des halogènes et de la chimie des halogènes
06 07 02* déchets de charbon actif utilisé pour la production du chlore
06 07 03* boues de sulfate de baryum contenant du mercure

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds
06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds
- 06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

10 – Déchets provenant de procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
- 10 14 Déchets de crémateurs
10 14 01* déchets provenant de l'épuration des fumées contenant du mercure

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
10 01 02 cendres volantes de charbon
10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération avec subst. dangereuses
10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses
- 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
10 02 02 laitiers non traités
10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11
10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
- 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 05 Déchets provenant de la pyrométallurgie du zinc
10 05 03* poussières de filtration des fumées
10 05 05* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
10 05 06* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
10 09 11* autres fines contenant des subst. dangereuses
- 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
10 10 11* autres fines contenant des subst. dangereuses

11 – Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux
- 11 01 15* éluats et boues provenant des systèmes à membrane et des systèmes d'échange d'ions contenant des subst. dangereuses
- 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées

15 – Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 – Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- Mercure présent dans les composants contenant du mercure
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Mercure et zinc dans les piles au mercure
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et 16 06 et 16 08)
- 16 01 08* composants contenant du mercure
- 16 06 Piles et accumulateurs
- 16 06 03* piles contenant du mercure

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de VHU et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
- 16 01 04* véhicules hors d'usage
- 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
- 16 01 07* filtres à huile
- 16 01 18 métaux non ferreux
- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
- 16 02 13* équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que 16 02 09 à 16 02 12
- 16 02 15* composants dangereux retirés des équipements mis au rebut
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
- 16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

- 16 06 Piles et accumulateurs
- 16 06 06* électrolyte de piles et accumulateurs collectée séparément
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
- 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 – Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- Tubes fluorescents contenant du mercure (Hg)
- Divers polluants métalliques, organiques, minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
- 17 09 01* déchets de construction et de démolition contenant du mercure

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
- 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
- 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des subst. dangereuses

18 – Déchets provenant des soins médicaux ou vétérinaires et/ou de la recherche associée (sauf déchets de cuisine et de restauration ne provenant pas directement des soins médicaux)

- Mercure dans déchets d'amalgame dentaire

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 18 01 Déchets des maternités, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies de l'homme
- 18 01 10* déchets d'amalgame dentaire

19 – Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- Métaux dans les cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des déchets de traitement mécanique de déchets de bois traités
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
- 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
 - 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
 - 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17
- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 04* déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
 - 19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des subst. dangereuses
- 19 03 Déchets stabilisés/solidifiés
 - 19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement stabilisés
 - 19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés
- 19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification
 - 19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée
- 19 05 Déchets de compostage
 - 19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
 - 19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
 - 19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
 - 19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds
- 19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux
 - 19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des subst. dangereuses
 - 19 10 05* autres fractions contenant des subst. dangereuses
- 19 12 Déchets provenant du traitement mécanique des déchets non spécifiés ailleurs
 - 19 12 11* autres déchets (dont mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des subst. dangereuses
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 - 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 – Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- Métaux dans des acides usés
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des bois traités collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues
- Médicaments et hormones détergents (nonylphénols) dans des boues de fosses septiques et déchets de nettoyage des égouts
- Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 21* tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure
 - 20 01 33* piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 et 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant ces piles

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 14* acides
 - 20 01 35* équipements électriques et électroniques mis au rebut contenant des composants dangereux, autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21 et 20 01 23

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Le mercure fait partie des métaux volatils. Les conditions de préparation, de conservation et de minéralisation des échantillons peuvent être à l'origine de pertes par volatilisation. (POLDEN, et al., 2004)

ECHANTILLONNAGE**NF EN ISO 5667-3 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (juin 2004)**

Domaine d'application : cette méthode donne les principes généraux sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau ponctuels et composites, vers un laboratoire d'analyses.

Principe : cette méthode indique le meilleur flaconnage et stabilisant préconisé pour chaque paramètre. Les machines et matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire de contaminants.

Interférences : se méfier de tout contaminant pouvant gêner l'analyse du paramètre à mesurer.

SPECIATION (INERIS, 2010)

Il n'existe pas de méthodes normalisées pour le dosage des espèces organiques du mercure (méthyl et diméthyl mercure qui figurent parmi les formes les plus toxiques). La méthylation du mercure inorganique en présence de bactéries aérobies ou anaérobies. Les mécanismes de méthylation et de déméthylation sont encore mal connus, ce qui pose de nombreux problèmes en termes d'analyse et de fiabilité des dosages. Cependant, il existe quelques matériaux de référence certifiés (qui ont fait l'objet d'essais inter-laboratoires avec des méthodes parfois controversées).

Les principales méthodes proposées dans la littérature allient les étapes suivantes :

Extraction : Elle est réalisée au toluène puis l'extrait est digéré à l'acide nitrique au micro-onde. Elle est suivie d'une distillation et d'une complexation des espèces.

Préparation de l'extrait avant analyse : Il est dérivé éventuellement par un agent réducteur du type NaBH_4 , puis irradié par une lampe UV.

Dosage : L'échantillon est séparé par chromatographie (GC ou HPLC), puis quantifié par l'une des méthodes de détection suivantes (absorption atomique vapeur froide, ICP-MS ou ECD).

SPECIATION (Donard, et al., 2007)**Prélèvements et conditionnement**

Pour le mercure, l'ajout d'HCl permet une bonne conservation des espèces.

Dosage

L'article souligne les performances de la GC-ICP-MS pour l'analyse de spéciation du mercure. Même à de très faibles teneurs, la très bonne stabilité du couplage permet une analyse en routine du méthylmercure et du mercure inorganique de façon fiable.

Les méthodes suivantes concernent le mercure et ses composés qui seront toujours dosés sous la forme mercure.

On notera que la technique de technique de pyrolyse amalgamation-absorption atomique sans minéralisation au préalable est de plus en plus utilisée par les laboratoires. (INERIS, 2010)

Recommandations (POLDEN, et al., 2004)

Des travaux de P. Thomas⁵⁰⁰ ont démontré que, pour des eaux usées, les méthodes de dosage du mercure sur un minéralisat provenant de l'attaque à l'eau régale par vapeur froide et absorption atomique comme par fluorescence atomique aboutissent à des résultats comparables. De même, la digestion à l'eau régale assistée ou non par micro-ondes en systèmes fermés ou semi ouverts donnent des résultats similaires.

La méthode la plus adaptée pour la minéralisation du mercure contenu dans des matrices environnementales (solides ou liquides) est la mise en solution en milieu fermé.

Des systèmes de réacteurs semi-ouverts en matériaux plastiques adaptés permettent une mise en solution par traitement en milieu acide fort (HNO_3 et/ou eau régale) sans perte de mercure si le mode opératoire est soigneusement établi. Cette technique qui utilise des récipients à usage unique permet de s'affranchir du problème critique des blancs.

La mise en solution totale par voie humide avec de l'acide fluorhydrique induit la perte totale ou partielle des métaux volatils (Hg, As, Se, B...).

⁵⁰⁰ <http://www.forumlabo.com/2002/abstracts/2000/3/253.htm>

Eaux de surface (AQUAREF, 2101)**Prélèvements et conditionnement**

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever.

Éviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoir, louches...) pour le remplissage des flacons.

Rincer le matériel de prélèvement et les flacons trois fois avec l'eau à prélever.

Maintenir l'échantillon au frais après le prélèvement.

Bannir les matériaux pigmentés pour le système de prélèvement (matériaux non inertes)

Privilégier les matériaux en polysulfone (PSF), en tétrafluoroéthylène (FEP), en perfluoropropylène (PFP), en verre borosilicaté ou en quartz.

Dans tous les cas vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Flaconnage destiné à l'analyse :

Flacons à col droit en verre borosilicaté, en quartz, en perfluoroalkoxy (PFA), en éthylène-propylène perfluoré (FEP).

Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon (PFA).

Vérifier que le flaconnage ne contienne pas de mercure ou n'occasionne aucune perte de mercure par adsorption ou diffusion

Un contrôle des flacons (blanc de flaconnage) doit être réalisé par les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot.

Prétraitement et transport :

Filtration obligatoire à 0,45 μm (à réaliser de préférence sur site si le personnel a suivi une formation adéquate ou à défaut, au laboratoire dans les 24 H suivant le prélèvement)

Si la filtration est effectuée sur site :

- stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée et $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (concentration massique finale de 0,05%) après filtration

ou :

- stabilisation de préférence avec 15 ml d'acide chlorhydrique et 2 ml de bromure de potassium/bromate de potassium (50/50) (analyse en fluorescence atomique) après filtration

Transport à température ambiante

Si la filtration n'est pas effectuée sur site : voir plus bas

Transport en glacière à $5\pm 3^\circ\text{C}$ dans les 24 H après le prélèvement

Extraction / préparation**Prétraitement**

Filtration à 0,45 μm , si non réalisée sur le terrain.

Stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée "pour analyse de traces" ($1 < \text{pH} < 2$) + dichromate de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ou stabilisation à l'acide chlorhydrique de qualité en rapport avec la LQ visée "pour analyse de traces" + bromure de potassium/bromate de potassium (conseillé préférentiellement pour les faibles teneurs, car moins contaminant et moins polluant en Cr pour les atmosphères de laboratoire et pour les analyses destinées à la fluorescence atomique).

Stockage & conservation

Stabilisation à l'acide nitrique et au dichromate de potassium : les échantillons peuvent être stockés à température ambiante pendant un mois.

Stabilisation à l'acide chlorhydrique et au bromure de potassium / bromate de potassium : les échantillons peuvent être stockés à température ambiante mais analysés au plus tard 7 jours après le prélèvement.

METHODES DE DOSAGE**NF EN 12338 (1998) (Qualité de l'eau) Dosage du mercure: Méthode après enrichissement par amalgame (AAS-méthode après enrichissement)**

LQ : 0,01 µg/l (donnée issue de la norme) à **0,05 µg/l** (données obtenues à l'INERIS) (AQUAREF, 2101)

NQ/3 possible à atteindre pour les eaux souterraines mais impossible pour les eaux intérieures ni pour les autres eaux de surface. (AQUAREF, 2101)

NF EN 17852 (Qualité de l'eau) Dosage du mercure: Méthode par spectrométrie de fluorescence atomique (AFS)

Domaine d'application : C'est une méthode de dosage du mercure total dans l'eau potable, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de pluie. La méthode permet de mesurer des concentrations de 1 ng/l à 100 µg/l. Dans la pratique la gamme de travail se situe souvent entre 0,01 µg/l et 10 µg/l. Elle peut être **applicable aux eaux résiduaires après une phase de digestion supplémentaire**.

Des échantillons avec une concentration plus élevée peuvent être analysés après une dilution appropriée de l'échantillon.

Principe : La fluorescence atomique est un processus d'émission dans le quel les atomes sont excités par absorption d'un faisceau de rayonnement électromagnétique. L'espèce excitée retrouve son niveau de base en libérant son énergie excédentaire sous forme de photons. On mesure l'intensité des photons.

L'échantillon est digéré en utilisant du brome. Immédiatement l'excès de brome est éliminé par l'acide ascorbique. Les vapeurs de mercure sont générées à partir de l'échantillon, puis entraînées de la solution par un flux vecteur d'argon. L'humidité est éliminée en permanence du courant gazeux et les vapeurs de mercure sont détectées par spectrométrie de fluorescence atomique.

Interférences :

- ✓ Utiliser des flacons dans un matériau adapté afin d'éviter les réactions d'échange (adsorption et désorption).
- ✓ Les vapeurs de mercure peuvent se diffuser à travers différents plastiques. Il est recommandé d'utiliser des tubes en verre ou en FEP et de bannir les tubes en silicone par exemple.
- ✓ Les substances gazeuses dissoutes peuvent conduire à l'extinction du signal de fluorescence atomique. Elles sont normalement éliminées pendant la phase de digestion.
- ✓ La **présence de vapeur d'eau** ou d'aérosol dans la cellule de fluorescence peut provoquer une dépression du signal. Il convient d'utiliser une membrane hydroscopique.
- ✓ Les **anions (sulfure, iodure ou bromure) et les métaux nobles (argent, or, platine)** qui s'amalgament au mercure peuvent entraîner une dépression du signal.
- ✓ Les substances organiques volatiles ne causent pas d'interférences avec la méthode de spectrométrie de fluorescence atomique.

Sensibilité :

LQ : 0,005 µg/l (donnée CEMAGREF) (AQUAREF, 2101) à **0,01 µg/l** (donnée issue de la norme)

NQ/3 possible à atteindre pour les eaux. (AQUAREF, 2101)

NF EN 1483 (2007) (Qualité de l'eau) Dosage du mercure : Méthode par spectrométrie d'absorption atomique (AAS-Vapeur froide)

Domaine d'application : cette norme spécifie deux méthodes pour la détermination du mercure : l'une avec du chlorure d'étain, l'autre avec du tétrahydroborate de sodium. Elle est applicable pour la détermination du mercure dans les eaux souterraines, l'eau potable, les eaux de surface **et les eaux usées** dans une gamme de concentration de 0,1 µg/l à 10 µg/l. Des concentrations plus élevées peuvent être déterminées si l'échantillon est dilué.

Principe : le mercure est réduit à sa forme élémentaire par le tétrahydroborate de sodium ou le chlorure d'étain. Le mercure élémentaire est ensuite dégagé de la solution à l'aide d'un courant de gaz inerte et transporté dans une cellule de mesure. Les absorbances sont mesurées à la longueur d'onde de 253,7 nm dans le faisceau optique d'un spectromètre d'absorption atomique.

Interférences :

- ✓ Il faut utiliser des flacons dans un matériau adapté pour éviter les réactions d'échange (adsorption et désorption).
- ✓ Les **teneurs en iodure** supérieures à 0,1 mg.L⁻¹ provoquent des interférences lors de la détermination par la formation de complexes de mercure. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser une méthode différente telle que la réduction par le tétrahydroborate de sodium.
- ✓ Les interférences dues aux **métaux lourds** sont limitées si le chlorure d'étain est utilisé comme agent réducteur au lieu du tétrahydroborate de sodium.
- ✓ Avec le chlorure d'étain, divers composés inorganiques tels que le sulfure de mercure et les composés organiques du mercure ne peuvent être réduits complètement sans digestion.
- ✓ Le chlorure d'étain entraîne une pollution importante en étain qui peut gêner une réduction au borohydrure de sodium, c'est pourquoi, il est important d'avoir 2 systèmes de réduction bien distincts.
- ✓ Les concentrations en nickel > 1 mg/l et les concentrations en argent > 0,1 mg/l dans la solution d'analyse, interfèrent dans le dosage du mercure

Sensibilité :

LQ : 0,1 µg/l (donnée issue de la norme) à **0,25 µg/l** (données obtenues à l'INERIS) (AQUAREF, 2101)

NQ/3 possible à atteindre pour les eaux souterraines mais impossible à atteindre pour les eaux intérieures ni pour les autres eaux de surface. (AQUAREF, 2101)

AFS EPA 1631E (2002) (solutions aqueuses) : Mercure dans l'eau, par oxydation, purge and trap et spectrométrie de fluorescence par vapeur froide (AFS)**AAS EPA 7473 (2007) (Solides et solutions aqueuses) Mercure dans les solides et les solutions aqueuses par décomposition, amalgamation et spectrométrie absorption atomique (décomposition, amalgamation, AAS)**

Domaine d'application : cette méthode permet le dosage du mercure total dans les solides, les solutions aqueuses et les solutions digérées (sols, sédiments, dépôts, boues, **eaux usées**, eaux de surface). Le mercure total peut être déterminé sans prétraitement chimique. Alternativement, elle

convient aux échantillons issus de la méthode EPA 3052 «Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils»

Principe : le mercure contenu dans les solides ou les solutions aqueuses est séché dans un four à chauffage contrôlé sous atmosphère d'oxygène. L'échantillon est ensuite décomposé chimiquement dans le four. Le mercure est amalgamé sur un piège à mercure. L'amalgame est chauffé rapidement et les vapeurs de mercure sont libérées. Un courant d'oxygène amène les vapeurs dans une cellule d'absorbance d'un spectromètre d'absorption atomique. La mesure est réalisée à 253,7 nm.

Interférences :

- ✓ Les solvants, les réactifs et la verrerie peuvent être la source d'interférences pour les échantillons. Il est important de réaliser des blancs tout au long du processus analytique.
- ✓ La pureté des réactifs doit être choisie en fonction des concentrations de mercure que l'on souhaite atteindre.
- ✓ Des **effets mémoires** peuvent être observés entre les différents échantillons. Essayer d'analyser les échantillons à faibles concentrations en premier. Un blanc peut être intercalé après les échantillons à fortes concentrations en mercure.
- ✓ Le chlore libre et certains organiques peuvent ne pas interférer par cette méthode à cause du procédé de décomposition dans le four et l'amalgame réalisé avec les vapeurs de mercure.

Sensibilité :

LQ : 0,5 µg/l (donnée issue de la norme)

NQ/3 possible à atteindre pour les eaux souterraines mais impossible pour les eaux intérieures ni pour les autres eaux de surface. (AQUAREF, 2101)

AUTRES METHODES D'ANALYSES

Des méthodes d'analyse du mercure dans les eaux et diverses matrices, y compris des méthodes de spéciation, sont accessibles dans une base de données dédiée à la spéciation. <http://www.speciation.net/Database/Links/all-about-mercury.html>

APHA - method 3112 B (APHA, 1998)

L'American Public Health Association (APHA) préconise l'analyse du mercure dans les eaux usées par vapeur froide et absorption atomique après mise en solution avec un mélange d'acide sulfurique, d'acide nitrique, de persulfate de potassium et de permanganate de potassium.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Produits de substitution et changement de process

- **Secteurs mettant en jeu de la combustion**

Changement de process : pour les GIC, choix de combustibles fossiles moins riches en mercure ou traitement de ce combustible, la substitution des combustibles non fossiles (bois, biogaz, biomasse,...) aux combustibles fossiles est également envisageable pour ces centrales électriques, les GIC, les chaudières collectives. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

- **Autres secteurs chimiques**

Changement de process : industrie de la chloration: la meilleure technique disponible spécifique aux installations à cellules à mercure serait la technique de la cellule à membrane. Cependant, en attendant la fermeture des installations à mercure fonctionnant, il convient de prendre des mesures afin de minimiser les pertes de Hg dans l'environnement, et prendre des mesures lors de l'arrêt définitif des installations. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

- **Secteur Autre secteur majoritaire**

Changement de process : alternatives à l'utilisation de tubes fluorescents: pour remplacer les lampes fluorescentes au mercure (à haut rendement énergétique), suggère d'encourager le développement de lampes de hautes efficacités exemptes de mercure en particulier de LED (diodes électroluminescentes) Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Traitement par perchloration

D'après le site Internet de la société Lenntech, la perchloration permet au chlore de décomposer les complexes organiques qui maintiennent les métaux lourds en solution en les portant à un degré d'oxydation maximum. Une perchloration peut être recommandée avant la décantation, afin d'obtenir une meilleure qualité. D'après (DEGREMONT, 2005) cette technique s'utiliserait associée à la coagulation-décantation et filtration. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Traitement par coagulation, floculation, décantation

Les taux de mercure peuvent être réduits de 50 à 90% (DEGREMONT, 2005). D'après US EPA c'est le procédé le plus fréquemment utilisé, après plusieurs cycles de traitement éventuellement associés à une étape d'adsorption sur charbon actif, ce procédé permet d'atteindre des concentrations de l'ordre de 2 µg/l. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Limites de ce procédé:

- présence d'un trop grand nombre d'espèces métalliques qui pourraient nuire l'efficacité
- l'efficacité du procédé repose sur les bonnes techniques de séparation (floculation et/ou filtration)
- le procédé peut aboutir à la formation de boues toxiques
- les eaux traitées nécessiteraient un réajustement du pH

Soutenu par l'Union Européenne, le projet de recherche "mercury" s'intéresse à la chélation⁵⁰¹ du mercure par les calixarènes en milieu aqueux. Ainsi, un nouveau matériau, de la silice dopée aux calixarènes⁵⁰², a été développé et testé et pourrait permettre de constituer des membranes extractrices filtrant des effluents industriels à faible coût.

A ce jour, aucune application commerciale de cette technologie n'est encore disponible. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Afin d'atteindre des seuils de rejets plus faibles en métaux lourds des produits utilisant le TMT (ou de dithiocarbamate, etc.) sont de plus en plus souvent utilisés. Ces produits insolubilisant ou précipitant de métaux lourds trouvent naturellement leurs utilités dans les installations d'incinération. L'ajout de faibles quantités d'insolubilisant dans l'installation de traitement des eaux de lavage des fumées permet de précipiter avec assurance et d'éliminer les liaisons complexes de cadmium. (REX ARCADIS)

⁵⁰¹ **La chélation** est la formation de liaisons ou autres forces attractives entre un atome central unique (ici le mercure) et deux ou plusieurs sites liants distincts d'un même ligand

⁵⁰² **Les calixarènes** sont des composés cylindriques utilisés comme complexant en chimie supra moléculaire. Leur nom vient de leur ressemblance dans leur forme avec les vases grecs nommés en anglais "calix crater"

Traitement combiné par réajustement de pH et adsorption

Les eaux traitées nécessitent souvent un réajustement de pH. Ce traitement supporte différentes caractéristiques d'effluents ainsi que des débits très importants. Associé à une étape d'adsorption sur charbon actif ce procédé permet d'atteindre des concentrations de l'ordre de 2 µg/l. (cf fiches traitements)

Traitement par résines échangeuses d'ions

L'usage de ce type de matériel permet une bonne capacité d'adsorption (même en présence d'huiles, solvants, oxydants), une adsorption de tous les métaux lourds. Ce type de matériel peut être utilisé pour limiter les rejets des incinérateurs.. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Des résines complexantes ou chélatantes sont utilisées dans le traitement des eaux chargées en métaux. En utilisant des techniques de polymérisation et d'activation, il est possible de greffer sur un polymère donné une grande variété de groupes fonctionnels, et plus particulièrement ceux permettant la fixation sélective des métaux (de Dardel, 1998).

Les groupes iminodiacétique, aminophosphonique et amidoxime forment avec les métaux des complexes dont la stabilité dépend notamment du pH de la solution. En faisant varier celui-ci, il est donc possible de fixer sélectivement certains métaux.

Adsorption sur charbon actif

Cette technique de traitement est plus sensible aux caractéristiques de l'effluent à traiter (débit de liquide, nombres de polluant dans la matrice à traiter). Elle est adaptée à de petits systèmes ou en complément, pour la finalisation d'un traitement sur un système de grande ampleur. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

L'affinité du charbon actif vis-à-vis du Mercure est considérée comme importante. En effet, la formation de ligands entre la matière organique adsorbée ou en solution et les ions métalliques peut permettre un accroissement de l'abattement de la pollution métallique sous la forme de complexes, de biosorption... (w8000, 2007). Cette technique n'est cependant pas le procédé le plus couramment utilisé pour l'élimination des métaux.

Traitement membranaire

La technique de filtration par membrane permet d'atteindre des concentrations de l'ordre de 2 µg/l dans le perméat. Selon le site internet Lenntech, les procédés de filtration par membranes couvrent les domaines de la microfiltration jusqu'à l'hyperfiltration (osmose inverse). De tels procédés ont fait leurs preuves dans le traitement d'effluents spécifiques contenant des métaux lourds. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique (Choubert, et al., 2011)**Traitement par bioréacteur à membrane**

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du Mercure par bioréacteur à membrane est supérieur à 70%. Rendement moyen de 91 % sur 6 points de mesures.

Traitement combiné

Selon le projet AMPERES des rendements supérieurs à 70% peuvent être obtenus pour les procédés de traitement secondaires suivants :

Décantation primaire physico-chimique + bio filtre 1^{er} étage

- ✓ Décantation primaire + boues activées moyenne charge + bio filtre 1^{er} étage
- ✓ Décantation primaire + MBBR

- ✓ Décantation primaire + physico-chimique + bio filtre 2^{ème} étage
- ✓ Décantation primaire + boues activées aération prolongée
- ✓ Filtre planté écoulement verticale
- ✓ Lit bactérien + filtre écoulement vertical
- ✓ Décantation primaire + lagune + filtre écoulement vertical

Traitement combiné : biologique et adsorption

Deux types de procédés sont également testés; le premier transforme les ions mercure en mercure élémentaire par des bactéries puis l'effluent passe sur du charbon actif pour éliminer le mercure résiduel. Le second procédé est une succession d'étapes de traitement biologiques aérobies et anaérobies. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Traitement par les nanotechnologie

Le développement d'un nouvel adsorbant spécifique au mercure (substrat de céramique nanoporeuse présentant une importante surface fonctionnalisée par une couche de groupements thiols) semble présenter des perspectives intéressantes pour l'avenir. A l'échelle du laboratoire, cet adsorbant présente une capacité d'adsorption de 635 mg/g. De plus, cette capacité ne semble pas être affectée par la présence d'autres cations ou anions complexants dans l'effluent à traiter. Note fiabilité : 1 (RMC, 2010)

Traitement par phytoremédiation

Des essais en laboratoire sont effectués pour évaluer l'efficacité de traitement d'effluents liquides en aval de stations d'épuration par des plantes (riz génétiquement modifié, peupliers, etc.). Les résultats de ces essais ne sont pas disponibles. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Traitement par stripping

Cette technique expérimentale, consiste à utiliser du chlorure d'étain pour réduire Hg²⁺ en Hg (0) qui est volatil. Ce mercure élémentaire présent dans l'air au-dessus de l'eau est ensuite collecté afin de l'éliminer. Cependant, avant toute recommandation d'utilisation de ce procédé, il sera nécessaire d'évaluer les effets sur l'environnement de l'étain introduit dans l'eau. Note de fiabilité: 3 (RMC, 2010)

REFERENCES

APHA Standard methods for the examination of water and wastewater [Rapport] = Method 3112 B. - [s.l.] : APHA, 1998. - <http://www.standardmethods.org>.

AQUAREF Substances de la Directive Carde Eau - Mercure [En ligne] // AQUAREF. - 27 09 2101. - <http://www.aquaref.fr>.

Carlo Erba Guide des produits chimiques [Ouvrage] = Section IV - Tables / éd. Erba Carlo. - 2009. - pp. pages 801-802.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au servide des collectivités - Des avancée visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - **Actes téléchargeables en ligne.**

de Dardel François Echange d'ions - technologies d'applications [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 1998. - Vol. j2784.

Donard O. F-X. et Séby F. Détermination d'espèces chimiques d'éléments (spéciation) dans l'environnement [Revue] // Techniques de l'Ingénieur. - 10 décembre 2007. - Techniques d'analyse / Référence T1630. - p. 26. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/analyses-dans-l-environnement-42382210/determination-d-especes-chimiques-d-elements-speciation-dans-l-environnement-p3870/methodes-pour-l-analyse-de-speciation-p3870niv10002.html>. - Analyses dans l'environnement / Référence 42382210.

INERIS Mercure et dérivés - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 120 pages.

POLDEN INSAVALOR, Bazin C. et Méhu J. Meilleures pratiques d'analyses de polluants cibles dans des matrices solides complexes [Rapport] : Rapport final. - [s.l.] : RE.CO.R.D., 2004. - 219 pages. - Etude n°030130/1A.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

NICKEL ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF DU NICKEL	
Symbole: Ni	Famille : métaux sels métalliques
N° CAS : 7440-02-0	
Propriétés physico-chimiques :	
Masse molaire : 58,69 (INRS, 2009)	
Solubilité dans l'eau : peu soluble 1,13 mg/l-1 à 37°C (RMC, 2010) insoluble dans l'eau (1,13 mg/l à 37°C) (INRS, 2009)	
Pression de vapeur : 133 Pa à 1 810°C (INRS, 2009)	
Réaction avec d'autres molécules ou conditions :	
En présence d'eau et d'halogènes, le nickel est attaqué en surface avec formation d'halogénures (INRS, 2009) L'acétate de nickel réagit avec certains élastomères utilisés dans des pompes, de type polyuréthane, Buna-N [®] , Viton [®] et avec certains métaux tels que l'aluminium, la fonte ou l'inox. ⁵⁰³	
Toxicité et écotoxicité :	
NQE-MA ⁵⁰⁴ : 20 µg/L (Dir. 2008/105/CE)	NQE-CMA ⁵⁰⁵ : sans objet (Dir. 2008/105/CE)
NQE eaux de surface intérieures : 20 µg/l (AQUAREF, 2011)	
LQ circ 05/01/09 = 10 µg/l	Note : NQE / LQ compatibles
LQ BRGM (Ghestem, et al., 2008) : 0,4 µg/l (permet de détecter des niveaux de fonds géochimique compatible avec les NQE de la circ 05/01/09 - soit NQE/5)	
PNEC chronique eau douce : 1,7 µg/L (INERIS, 2011)	
Occurrence du nickel dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :	
D'après les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés ⁵⁰⁶ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 1 956 g/j soit 1,96 kg/j (201 sites - 1 079 mesures - 25 flux supérieurs au seuil surveillance, 10 supérieurs au seuil réduction)).	
Selon ces données, le nickel est une substance d'intérêt pour tous les sous secteurs : 3.1 (Regroupement, traitement, pré-traitement DD), 3.2 (Installations de stockage DND), 3.3 (UIOM) et 3.5 (Autres sites de traitement de DND).	
Traitabilité - résumé ⁵⁰⁷	
Le nickel est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible d'être détruite par un traitement. Dans les effluents, le nickel peut être éliminé par adsorption, par coagulation/floculation/décantation (en association ou non avec un traitement biologique), La chloration combinée à la coagulation-décantation, à la filtration sur sable et à la filtration sur charbon actif améliore nettement la réduction des métaux lourds. En aval d'un traitement physico-chimique, un traitement par échangeur d'ions permet de récupérer ou de concentrer les métaux. Un traitement par membranes d'osmose inverse ou par nanofiltration peut abattre efficacement les métaux résiduels. Des traitements complémentaires biologiques tels que le lagunage, la rhizofiltration ou la phytoextraction sont signalés.	

⁵⁰³ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>⁵⁰⁴ NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle⁵⁰⁵ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible⁵⁰⁶ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné⁵⁰⁷ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

DESCRIPTIF DES COMPOSES DU NICKEL			
Nom	Synonyme	Formule	n° CAS
monoxyde de nickel	oxyde de nickel (II) protoxyde de nickel	NiO	1313-99-1
dioxyde de nickel		NiO ₂	12035-36-8
trioxyde de nickel		Ni ₂ O ₃	1314-06-3
hydroxyde de nickel		Ni(OH) ₂	12054-48-7
chlorure de nickel	dichlorure de nickel nickel (II) chlorure	NiCl ₂	7718-54-9
sulfure de nickel	sous-sulfure de nickel disulfure de trinickel disulfure de nickel nickel sulfide nickel subsulfide	Ni ₃ S ₂	12035-72-2
sulfate de nickel		NiSO ₄	7786-81-4
nitrate de nickel	dinitrate de nickel nickel (II) nitrate acide nitrique, sels de nitrate (II)	Ni(NO ₃) ₂	13138-45-9
carbonate de nickel		NiCO ₃	3333-67-3
acétate de nickel	diacétate de nickel nickel (III) acétate	Ni(CH ₃ CO ₂) ₂	373-02-4
tétracarbonyle de nickel	nickel carbonyle	Ni(CO) ₄	13463-39-3

Propriétés physico-chimiques :

	n° CAS	Masse molaire (g/mol)	Solubilité dans l'eau (mg/l)
monoxyde de nickel	1313-99-1	74,69 (INRS, 2009)	1,1 à 20°C (INRS, 2009)
dioxyde de nickel	12035-36-8	90,71 (INRS, 2009)	se décompose dans l'eau avec dégagement d'O ₂ (INRS, 2009)
trioxyde de nickel	1314-06-3	165,39 (INRS, 2009)	insoluble dans l'eau (INRS, 2009)
hydroxyde de nickel	12054-48-7		très peu soluble (INERIS, 2006)
chlorure de nickel	7718-54-9	129,6 (INERIS, 2006)	6,42.10 ³ à 20°C (très soluble) (INERIS, 2006)
sulfure de nickel	12035-72-2	240,21 (INERIS, 2006)	5,17.10 ² à 37°C (très soluble) (INERIS, 2006)
sulfate de nickel	7786-81-4	154,76 (INERIS, 2006)	4,04.10 ⁵ à 25°C (facilement soluble) (INERIS, 2006)
nitrate de nickel	13138-45-9	182,70 (INERIS, 2006)	9,9.10 ⁵ à 25°C (très soluble) (INERIS, 2006)
carbonate de nickel	3333-67-3		très peu soluble (INERIS, 2006)
acétate de nickel	373-02-4	176,79 (INERIS, 2006)	1,7.10 ³ à 20°C (INERIS, 2006)
tétracarbonyle de nickel	13463-39-3	170,73 (INERIS, 2006)	1,8.10 ² à 9,8 °C (INERIS, 2006)

Comportement € : à l'état divalent le nickel peut former une large gamme de composés et constitue l'état d'oxydation principal du nickel (d'autres états d'oxydation comme le nickel (+4) peuvent être présents dans quelques complexes ou oxydes). La plupart des complexes formés par le nickel le sont avec un nombre de coordination de 6. En milieu aqueux, le nickel est présent comme ion hexahydraté [Ni(H₂O)₆]²⁺. Le nickel est associé en grande partie à la matière particulaire. Des anions présents naturellement, comme OH⁻, SO₄²⁻ ou Cl⁻, ne forment que dans une faible proportion des complexes avec le nickel. Le complexe Ni(OH)₂ devient l'espèce dominante au delà d'un pH égal à 9,5. En présence de soufre en milieu aqueux anaérobie du sulfate de nickel se forme, ce qui limite la solubilité du nickel.

REGLEMENTATION

- **DCE** : Substance prioritaire (directive 2008/105/EC)⁵⁰⁸
 - Le nickel et ses composés sont identifiés comme substance prioritaire (annexe X)
- **PBT** : Non listé (INERIS, 2011)
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation** (ECHA)
 - Le nickel ne fait pas partie de la liste de substances candidates pour être SVHC⁵⁰⁹
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁵¹⁰:
 - Substance soumise à restriction (annexe XVII) : le nickel et ses composés ne peuvent pas être utilisés dans les assemblages pour tiges destinées à entrer au contact de la peau

- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE** (ECHA)⁵¹¹ (nickel)

Nickel	Catégorie de danger :	Codes de danger :
	Carc. 2	H351 Peut provoquer le cancer cat. 2
	Skin sens.1	H317 Peut provoquer une allergie cutanée
		<u>Cat. de danger :</u> <u>Codes de danger :</u>
Oxyde de Ni (INRS, 2009) (INERIS, 2006)	Carc. T	H350 Peut provoquer le cancer R49, R43, R53
Chlorure de nickel (INERIS, 2006)	informations non disponibles	
Sulfure de nickel (INERIS, 2006)	T N	R49, R43 R51/53
Sulfate de nickel (INERIS, 2006)	Xn	R22, R40, R42/43, R50/53
Nitrate de nickel (INERIS, 2006)	informations non disponibles	
Carbonate de nickel (INERIS, 2006)	Xn, N	R22, R40, R43 R50/53
Ni tétracarbonyle (INERIS, 2006)	T+ N	R26, R40 R50/53
Acétate de nickel (INERIS, 2006)	informations non disponibles	

codes :
Xn: Nocif **T:** Toxique **T+:** Très toxique **N:** Dangereux pour l'environnement
R22 Nocif en cas d'ingestion ;
R26 Très toxique par inhalation ;
R40 Effet cancérigène suspecté : preuves insuffisantes ;
R43 Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau ;
R49 Peut provoquer le cancer par inhalation ;
R53 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique ;
R42/43 Peut entraîner une sensibilisation par inhalation et par contact avec la peau ;
R51/53 Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique ;
R50/53 Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

508 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>
 509 http://www.reachplus.fr/iso_album/liste_des_substances_candidates_pour_etre_svhc_2.pdf
 510 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>
 511 <http://www.ineris.fr/gesdoc/aida/file/text7075.pdf>

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets** (JO n°62 du 13 mars 2008)
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 0 kg/an⁵¹² pour le nickel et ses composés - exprimés en Ni
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁵¹³
 - annexe A : nickel non concerné
- **Arrêté du 22/11/10**⁵¹⁴ établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (abrogeant le
 - Le nickel et ses composés ne sont pas cités par ce texte
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁵¹⁵
 - Annexe 1 : le nickel fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :
 - 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (**Ni & composés**)
 - 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (**Ni & composés**)
 - 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (**Ni & composés**)
 - 3.4 - Lavage de citernes (**Ni & composés**)
 - 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (**Ni & composés**)
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 10 µg/L

NEOFORMATION

Le nickel est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

PRODUCTION / UTILISATION

Le nickel est un élément métallique très répandu dans la croûte terrestre. Celle-ci renferme environ 0,009% de nickel dans des minerais sulfurés, arséniurés, antimoniurés, oxydés et silicatés. Cet élément peut également être émis par activité volcanique et être présent au sein de météorites et de nodules polymétalliques. (INERIS, 2011)

Selon le site internet de la Société Française de Chimie (SFC), la teneur moyenne de l'écorce terrestre en nickel est de 80 ppm. Dans les minerais, le nickel est souvent associé au fer (Fe), au cuivre (Cu), au chrome (Cr) et au cobalt (Co). (INERIS, 2011)

512 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II
 513 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11
 514 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2
 515 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

Production / utilisation

Le nickel est obtenu principalement à partir de minerais de nickel sulfurés (pyrrhotite, nickeliféreuse, pentlandite, chalcopryrite) dans lesquels sont également présents le fer et le cuivre. Le minerai est broyé, enrichi par flottation et séparation magnétique suivie d'un grillage et d'une fusion. La matte obtenue est ensuite traitée par un procédé pyrométallurgique (grillage de l'oxyde et réduction en métal) ou hydrométallurgique (formation d'une solution de sel de nickel et réduction en métal). (INERIS, 2006)

Le nickel brut obtenu peut ensuite être purifié par une méthode électrolytique ou par un procédé dans lequel le métal brut et l'oxyde de carbone réagissent à 200/300°C pour former du nickel carbonyle qui se décompose sélectivement d'abord en nickel et monoxyde de carbone puis dans des délais plus longs en carbonyles des autres éléments présents. Ce procédé permet d'obtenir du nickel pur à plus de 99,9%.

Le nickel carbonyle est formé par réaction du monoxyde de carbone avec de la poudre de nickel à 50°C. (INERIS, 2006)

L'acétate de nickel est produit par réaction de l'oxyde noir de nickel avec l'acide acétique. (INERIS, 2006)

Le chlorure de nickel est formé par réaction de l'acide chlorhydrique avec le nickel. (INERIS, 2006)

Le nitrate de nickel est obtenu par réaction entre l'acide nitrique fumant et le nitrate de nickel hexahydraté. (INERIS, 2006)

L'oxyde de nickel est obtenu en chauffant du nickel à une température supérieure à 400°C en présence d'oxygène. (INERIS, 2006)

Le sulfate de nickel est formé par dissolution d'oxyde ou d'hydroxyde de nickel dans de l'acide sulfurique (INERIS, 2006)

Le sulfure de nickel ou sous sulfure de nickel est obtenu lors de la production de nickel à partir de minerais sulfurés. (INERIS, 2006)

Comme de nombreux autres métaux, les applications du nickel à l'état pur sont beaucoup moins importantes que celles sous forme d'alliage avec d'autres composants. Ainsi, le nickel est utilisé pour la fabrication de plus de 300 000 produits repartis entre les secteurs industriels, militaires, des transports, de la marine, de l'architecture et des produits destinés au public. (INERIS, 2011)

Le principal secteur d'utilisation du nickel correspond aux aciers inoxydables (62%). Il entre également dans la composition de nombreux alliages en raison de ses caractéristiques de dureté et de résistance à la corrosion (12%). Les autres formes d'utilisation sont les traitements de surfaces (10%), les batteries nickel-cadmium et les catalyseurs nickel-aluminium. Outre l'exploitation minière, la fonte, l'affinage de métaux, la production d'alliages et le recyclage de métaux, le nickel et ses principaux composés sont utilisés dans une vaste gamme d'applications industrielles dans les secteurs de la fabrication d'automobiles et de la construction navale ainsi que dans les industries électrique, pétrolière, alimentaire et chimique. (INERIS, 2011)

Le nickel est également employé minoritairement dans les secteurs de la fabrication (INERIS, 2011) :

- de réacteurs et turbines d'avions (dont la température atteint 650°C)
- des aubes dont la température est portée à 1 000°C
- des chambres à combustion (1 500 - 1 800°C)
- de structures de véhicules (tels que les trains, avions, métros, ...);
- de métaux à mémoire de forme ;
- d'équipements pour la cuisine et la salle de bain (tringlerie, outillage...)
- d'équipements pour les industries pétrochimiques et pharmaceutiques ;
- d'instruments médicaux ;
- de CD/DVD, etc.

Le nickel est actuellement l'élément d'addition le plus répandu dans les alliages modernes. La proportion de nickel dans l'alliage est très variable selon les propriétés souhaitées. Plus de 3000 sortes d'alliages sont recensées, leurs qualités tant physiques que mécaniques ou chimiques sont très variables et modulables en fonction du domaine et de l'emploi que l'on souhaite en faire. (INERIS, 2011)

Le nickelage a lieu selon deux méthodes (électrolytique ou chimique) (INERIS, 2011) :

- **nickelage par électrolyse**, méthode la plus courante : la pièce à revêtir constitue la cathode, l'anode est formée de "carrés" de nickel pur placés dans des paniers en titane. La solution du bain d'électrolyse contient du sulfate et du chlorure de Ni²⁺.
- **nickelage par réduction chimique** : les pièces à revêtir sont immergées dans une solution d'ions Ni²⁺ contenant un réducteur. On obtient ainsi des dépôts très durs, d'épaisseur uniforme.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Le nickel (et composés) n'est pas utilisés spécifiquement en tant que réactif dans les procédés des industries du secteur des déchets.

Utilisation du nickel dans les autres secteur industriels

- **Chimie organique: oléfines(craquage), aromatiques, composés oxygénés, azotés, halogénés, sulfureux, phosphorés, organométalliques**

Utilisation du **tétracarbonyle de nickel** Ni(CO)₄ comme catalyseur en synthèse organique (RMC, 2010)

- **Industries de la chimie**

Le secteur de la chimie et la parachimie est à l'origine de 29% des rejets aqueux contenant du Ni (RMC, 2010)

Le rôle du **nickel comme catalyseur** dans des processus chimiques est peut-être la moins connue de ses utilisations. Cependant, les catalyseurs à base de nickel finement divisé sont indispensables à plusieurs réactions importantes, y compris l'hydrogénation d'huiles végétales, la reformulation des hydrocarbures ainsi que la production d'engrais, de pesticides et des fongicides. De même, on rapporte également l'hydrogénation de l'acide oléique liquide en acide stéarique solide, sur du nickel finement divisé. Cette hydrogénation est encore largement utilisée de nos jours dans de nombreux domaines (alimentation, pharmacie, savonnerie, parfumerie, peinture,...) et le nickel reste le catalyseur phare. (INERIS, 2011)

La liste complète des réactions réalisées en présence d'un catalyseur contenant du nickel est impossible à dresser dans le cadre de cette fiche. On peut toutefois donner un aperçu des composés organiques qui font intervenir le Nickel comme catalyseur : alcools (ethylhexanol, isopropanol, oxo alcools) ; amines aliphatiques (ethyl et isopropylamines) et amines aromatiques ; nitriles ; toluène diisocyanate (TDI), cyclohexane. Le Nickel est aussi employé comme catalyseur dans l'oxydation catalytique des COV. Le Nickel est aussi utilisé comme réactifs pour produire des composés organométalliques, comme des dithiocarbamates métalliques. (INERIS, 2011)

Utilisation d'**oxyde de nickel** (NiO) dans la fabrication de sels de nickel, comme catalyseur (RMC, 2010)

Utilisation de **sulfate de nickel** (Ni SO₄) comme intermédiaire dans la fabrication de **carbonate de nickel** et de sulfate d'ammonium et de nickel. C'est le principal intermédiaire dans la fabrication de sels de nickel. Il sert à produire des catalyseurs (RMC, 2010)

Utilisation de **sulfure de nickel** (Ni₃ S₂) dans la production de catalyseurs, (RMC, 2010)

Le **nickel tétracarbonyle** est utilisé comme catalyseur en synthèse organique (INERIS, 2011)

- **Industrie du bois**

Le secteur du bois, papier et carton seraient la cause de 1% des rejets aqueux de Ni (RMC, 2010)

- **Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires**

Utilisation de **nitrate de nickel** ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$) comme colorant pour les porcelaines (RMC, 2010)

Utilisation d'**oxyde de nickel** (NiO) dans les peintures sur porcelaines (RMC, 2010)

- **Fusion du verre et autres industries du verre**

Utilisation d'**oxyde de nickel** (NiO) comme colorant pour le verre (RMC, 2010)

- **Fabrication d'accumulateurs et de piles**

Utilisation du **nitrate de nickel** (NiNO_3) dans la fabrication des batteries Cd-Ni (RMC, 2010)

- **Fabrication industrielle de détergents et de savons**

Utilisation de catalyseurs au nickel pour l'hydrogénation dans la production de savons (RMC, 2010)

- **Extraction par la vapeur des parfums, huiles essentielles et arômes**

Utilisation de catalyseurs au nickel pour l'hydrogénation dans la production de parfums (RMC, 2010)

- **Abattoirs**

Utilisation d'équipements faits en acier ou en alliage contenant du nickel. Du nickel peut donc être retrouvé à faible concentration dans les effluents (RMC, 2010)

- **Raffinage, mélange et conditionnement, synthèse ou de transformation de produits pétroliers**

Utilisation de **sulfure de nickel** (Ni_3S_2) dans l'hydrogénation des composés soufrés en pétrochimie (RMC, 2010)

Désulfuration des produits pétroliers (INRS, 2009)

- **Centrale thermique de production d'électricité**

D'après l'IREP, ce secteur de l'électricité serait la cause de 1% des rejets aqueux de Ni (RMC, 2010)

- **Fabrication de peintures et de pigments**

Utilisation de **nitrate de nickel** ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$) comme colorant pour les porcelaines (RMC, 2010)

Utilisation d'**oxyde de nickel** (NiO) dans les peintures sur porcelaines (RMC, 2010)

Le nickel est utilisé dans les catalyseurs pour l'hydrogénation pour la production de peintures (RMC, 2010)

Le nickel et ses principaux composés entrent dans la composition d'une large gamme de pigments (RMC, 2010)

- **Industrie du plastique**

Le nickel est utilisé en combinaison avec du graphite dans certains élastomères conducteurs à base de silicone (RMC, 2010)

- **Industrie du caoutchouc**

Le **dithiocarbamates de nickel** est utilisé comme additif antidégradant pour caoutchoucs, et protège les pièces en caoutchouc pendant leur durée de vie contre les dégradations liées à l'oxygène de l'air ou à l'ozone. Il est produit en France. (INERIS, 2011)

Le nickel est présent en combinaison avec du graphite dans certains élastomères conducteurs à base de silicone. (INERIS, 2011)

- **Ennoblement textile**

Utilisation de l'**acétate de nickel** ($\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$) et du **sulfate de nickel** (NiSO_4) comme mordant pour les textiles (RMC, 2010)

- **Blanchisserie**

Utilisation de l'acétate de nickel ($\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$), comme mordant pour les textiles (RMC, 2010)

Utilisation de sulfate de nickel (NiSO_4) comme mordant pour les textiles (RMC, 2010)

Pour les secteurs du textile et habillement, teinture, impression et laverie les rejets aqueux contenant du Ni seraient négligeables face à d'autres secteurs (RMC, 2010)

- **Fabrication de papier carton, préparation de pâte chimique et non chimique**

D'après l'IREP, le secteur du bois, papier et carton seraient la cause de 1% des rejets aqueux de Ni (RMC, 2010)

L'utilisation du nickel dans ce secteur n'a pas été identifiée. (RMC, 2010)

- **Sidérurgie, fonderie et production de métaux ferreux et non ferreux**

D'après l'IREP, ce secteur de la sidérurgie avec la métallurgie et le coke serait la cause de 12% des rejets aqueux de Ni. Le nickel est obtenu principalement à partir de minerais de nickel sulfuré dans lesquels sont également présents le fer et le cuivre (RMC, 2010)

Préparation d'alliages non ferreux (avec le cuivre, le chrome, l'aluminium, le molybdène...), notamment pour la fabrication de pièces de monnaie, d'outils, d'ustensiles de cuisine et de ménage, etc... (INRS, 2009)

- **Industrie du travail mécanique des métaux et du revêtement de surface**

D'après l'IREP, le secteur serait du revêtement de surface serait, avec le secteur de la mécanique, la cause de 35% des rejets aqueux de Ni (RMC, 2010)

L'**oxyde de nickel** est utilisé dans la fabrication de sels de nickel, dans la fabrication de ferrites utilisées dans l'industrie électronique, dans la production de catalyseurs et pour le nickelage. (INERIS, 2011)

Utilisation du **nitrate de nickel** (NiNO_3) dans la composition de bains de nickelage (RMC, 2010)

Utilisation de **sulfate de nickel** (NiSO_4) dans les bains de nickelage, ainsi que dans le noircissement du zinc et du bronze (INERIS, 2011)

Le **chlorure de nickel** est employé pour le nickelage. (INERIS, 2011)

Le nickel est associé au cuivre, au fer et au manganèse pour fabriquer du monel, au fer et au chrome pour donner des aciers inoxydables et du chromel ou inconel, à l'aluminium, au chrome et au soufre pour obtenir l'alumel. Le nickel est également employé dans la production d'alliages non ferreux associé au cuivre et au zinc pour fabriquer du maillechort. (INERIS, 2011)

- **Formulation galénique de produits pharmaceutiques**

Le nickel est utilisé dans les catalyseurs pour l'hydrogénation de produits pharmaceutiques (RMC, 2010)

- **Industrie de l'imprimerie**

Utilisation du **chlorure de nickel** (NiCl_2) dans la fabrication des encres sympathiques (RMC, 2010)
D'après l'IREP, les secteurs du textile et habillement, teinture, impression et laverie, les rejets aqueux contenant du Ni seraient négligeables face à d'autres secteurs (RMC, 2010)

- **Industrie agroalimentaire**

D'après l'IREP, les secteurs agroalimentaires et boisson seraient la cause de 1% des rejets aqueux contenant du Ni (RMC, 2010)

Le nickel et ses principaux composés sont utilisés dans une vaste gamme d'applications industrielles dans les secteurs alimentaires (RMC, 2010)

Utilisation de nickel dans l'hydrogénation d'huiles végétales (RMC, 2010)

- **Activité viticole**

Utilisation du nickel dans la production d'engrais, pesticides et fongicides (RMC, 2010)

- **Autre secteurs**

Utilisation du **tétracarbonyl de nickel** ($\text{Ni}(\text{CO})_4$) dans la fabrication de poudre de nickel de haute pureté (RMC, 2010)

Utilisation de **l'acétate de nickel** ($\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$), comme intermédiaire dans la fabrication d'autres composés de nickel et comme catalyseur (RMC, 2010)

Utilisation de **chlorure de nickel** (NiCl_2) comme réactif de laboratoire. Il sert également à piéger l'ammoniac dans les masques à gaz. (INERIS, 2011)

Le nickel est employé comme catalyseur dans l'oxydation catalytique des COV (RMC, 2010)

Utilisation de **nitrate de nickel** ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$) comme colorant pour les porcelaines (RMC, 2010)

Utilisation de **oxyde de nickel** (NiO) dans la fabrication de sels de nickel, dans la fabrication de ferrites utilisées dans l'industrie électronique, dans la production de catalyseurs et pour le nickelage (RMC, 2010)

Le nickel entre dans la fabrication de noyaux magnétiques (aimants, ferrite) (INRS, 2009)

Utilisation du nickel dans les alliages pour amalgames dentaires (INRS, 2009)

Alliages Ni-Cr : 60% de Ni (Cr : 35%, Si : 2%, Mo : 1%, Fe : 1%) utilisés pour réaliser des couronnes et bridges dentaires (INERIS, 2011)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Le rapport du BRGM établissant les seuils géochimiques des éléments métalliques dans les eaux françaises fait état d'une concentration médiane en nickel dans les eaux européennes de 1,91 $\mu\text{g/l}$, et de concentrations moyennes en France de 0,24 à 6,37 $\mu\text{g/l}$ et un maximum observé de 24,6 $\mu\text{g/l}$ (Ghestem, et al., 2008).

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés de nickel du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de 1 956 g/j, soit 1,96 kg/j (201 sites - 1 079 mesures - 25 flux supérieurs au seuil surveillance, 10 supérieurs au seuil réduction).

Les flux rejetés se répartissent de la façon suivante :

Sous secteur 3.1 : 37 sites (191 mesures - contributeur à **47%** au flux du sect. 3), 11 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **918,4 g/j**

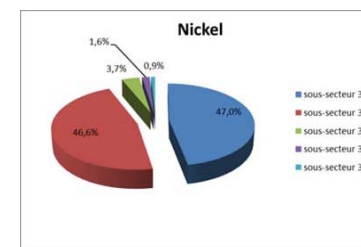
Sous-secteur 3.2 : 93 sites (503 mesures - contributeur à **46,6%** au flux du sect. 3), 11 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **910,8 g/j**

Sous-secteur 3.3 : 32 sites (191 mesures - contributeur à **3,7%** au flux du sect. 3). 1 flux supérieur au seuil surveillance, 0 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **73,2 g/j**

Sous-secteur 3.4 : 13 sites (59 mesures - contributeur à **1,6%** au flux du sect. 3), 0 flux supérieur aux seuils. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **31,7 g/j**

Sous-secteur 3.5 : 23 sites (135 mesures - contributeur à **0,9%** au flux du sect. 3), 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **17 g/j**

Répartition des flux en nickel dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD

3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes

3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Le nickel est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (216,8 g/j), le nickel est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

Sous secteur 3.1 (Regroupement, traitement, pré-traitement DD) : 11 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 flux supérieurs au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **918,4 g/j**

Sous-secteur 3.2 (Installations de stockage DND) : 11 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 flux supérieurs au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **910,8 g/j**

Sous-secteur 3.3 (UIOM) : 1 flux supérieur au seuil surveillance, aucun flux supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **72 g/j**

Sous-secteur 3.5 (Autres sites de traitement des DND) : 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : 17 g/

Note : cette conclusion pourra être infirmée à la suite de l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

- **Regroupement, pré-traitement des déchets dangereux**

Le nickel est potentiellement présent dans les déchets admis. D'après l'IREP, le secteur des déchets serait la cause du 9% des rejets aqueux de nickel. (RMC, 2010)

Dans le cadre de l'étude «Source screening of priority substances under the WFD» (Directive Européenne «Water Framework Directive», ou Directive Cadre sur l'Eau établie en 2000) une évaluation datée de 2003 a été menée pour le nickel. (INERIS, 2011). Selon cette étude, l'**activité de traitement des déchets solides** constitue une source ponctuelle mineure de nickel vers les eaux de surface, et les **zones de stockage des déchets** sont considérées comme une source mineure d'émission vers l'atmosphère. D'après (INERIS, 2011).

- **Installation de stockage de déchets non dangereux**

Le nickel est potentiellement présent dans les déchets admis (RMC, 2010)

- **UIOM**

Le nickel est potentiellement présent dans les déchets admis (RMC, 2010)

- **Lavage de citernes**

Le nickel est potentiellement présent dans les produits transportés. Le nettoyage des cuves peut entraîner du nickel contenu dans les alliages utilisés pour les cuves (RMC, 2010).

- **Autres sites de traitement ou stockage de déchets**

Le nickel est potentiellement présent dans les déchets admis (RMC, 2010)

Présence dans l'environnement

Le nickel à l'état divalent peut former une large gamme de composés et constitue le seul état d'oxydation important du nickel (d'autres états d'oxydation comme le Ni⁺⁴ peuvent être présents dans quelques complexes ou oxydes). Ainsi, le nickel reste très faiblement absorbé par la plupart des organismes vivants, mais est associé en grande partie à la matière particulaire (INERIS, 2011)

Pour information, parmi les **sources à l'origine des rejets diffus** de nickel on peut citer l'usage d'aciers inoxydables en tant que matériau de construction (toitures à Paris par exemple). A la suite d'expériences de vieillissement d'aciers inoxydables en laboratoire Wallinder et al. (2006), ont démontré que les quantités de nickel relarguées par ce phénomène entraînent la présence de nickel dans l'environnement. (INERIS, 2011)

- **Eau**

Les concentrations en nickel dans les eaux douces de surface sont <10 µg/l (valeurs moyennes sur le territoire français - ATSDR 1997) (INERIS, 2006)

Dans les systèmes aquatiques, le nickel existe généralement (selon le pH) sous forme d'ions Ni²⁺. Les anions présents naturellement (OH⁻, SO₄²⁻ ou Cl⁻), ne forment des complexes avec le nickel que dans une faible proportion : par exemple, le complexe Ni(OH)₂ ne devient l'espèce dominante qu'au delà d'un pH égal à 9,5. En présence de soufre en milieu aqueux anaérobie, du sulfate de nickel se forme, ce qui limite la solubilité du nickel. (INERIS, 2011)

Selon le site internet de l'IFREMER, en 1994, dans l'estuaire de la Seine, la concentration moyenne en nickel dans les matières en suspension atteint 35 mg/kg de matière sèche (Chiffolleau et al, 1996). Quant à la concentration en nickel dissous dans l'eau, elle est supérieure à 2µg/L (Chiffolleau, 2001). (INERIS, 2011)

- **Sols /sédiments**

Les concentrations moyennes en nickel dans les sols sont de 20 mg/kg (données ADEME 2005), et < 20 mg/kg dans les sédiments (données HSDB 2003) (INERIS, 2006)

Bien plus que la teneur totale, la spéciation et l'état physico-chimique du nickel sont des paramètres essentiels à considérer afin d'évaluer son comportement dans l'environnement et en particulier sa biodisponibilité. Ainsi, le nickel incorporé dans certains réseaux minéraux peut se révéler inerte. Dans les sols, les principales formes du nickel, et en particulier NiOH⁺, sont adsorbées à la surface d'oxydes amorphes de fer, d'aluminium ou de manganèse et dans une moindre mesure à la surface de minéraux argileux. La mobilité du nickel augmente aux pH faibles, alors que l'adsorption sur certains composés adsorbants du sol peut devenir irréversible en milieu alcalin. Si le pH est le paramètre influençant le plus la mobilisation du nickel dans les sols, il faut également tenir compte de la concentration en sulfates (qui réduisent l'adsorption du nickel par complexation) et de la surface spécifique des oxydes de fer présents dans le sol. La présence de cations tels que Ca²⁺ ou Mg²⁺ entraîne également une diminution de l'adsorption du nickel sur les composés du sol, résultat de phénomènes de compétition.

En France, le site internet BASOL⁵¹⁶ du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable recense 360 sites industriels pollués au nickel. Les principaux secteurs industriels concernés sont la production/transformation d'énergie, la métallurgie et la chimie. (INERIS, 2011)

- **Air**

Le nickel est présent dans l'air à une concentration moyenne <3 ng/m³ (données OMS & HSDB) (INERIS, 2006)

Le nickel présent dans l'air (dissous ou particules en suspension) peut avoir été rejeté par des activités humaines ou suite à des phénomènes naturels (éruptions volcaniques, incendies de forêts et combustion de météorites dans la haute atmosphère). Le Haut Comité de Santé Publique (2000) estime la participation anthropique aux émissions atmosphériques de nickel à 85% des émissions totales : les principales sources d'émissions humaines sont la métallurgie du nickel, la combustion de foyers et charbons, l'incinération des déchets et la sidérurgie. (INERIS, 2011)

Le nickel émis dans l'atmosphère par des sources anthropiques l'est principalement sous forme d'aérosols, ce qui couvre une très large gamme de taille de particules. Les émissions des centrales électriques sont associées à des particules de plus petite taille que celles émises par des fonderies. Les particules contenant du nickel peuvent atteindre des demi-vies de l'ordre d'une semaine à un mois. La nature du nickel présent dans des particules d'origine anthropique varie selon l'origine de ces particules. Ainsi, les émissions de nickel issues de la combustion d'huiles se présentent

⁵¹⁶ <http://basol.ecologie.gouv.fr/>

principalement sous forme de sulfates. Les cendres volantes provenant de la combustion du charbon contiennent majoritairement du nickel sous forme d'oxydes complexes de fer. L'extraction minière et la fonte du minerai de latérite émettent dans l'atmosphère des silicates de nickel et des oxydes fer-nickel. Le raffinage des mattes conduit à des émissions de nickel métallique et de sulfure de nickel. (INERIS, 2011)

On trouve le nickel dans l'air sous différentes formes chimiques (sulfures, oxydes...). Des données de terrain confirment que le nickel peut être transporté via le compartiment atmosphérique sur de moyennes à longues distances. Néanmoins, dans l'atmosphère, le nickel est généralement présent en faibles concentrations dans les particules en suspension ; son temps de séjour est de 5 à 8 jours. D'autre part, le seul composé gazeux notable du nickel, le tétracarbonylnickel, se décompose dans l'air avec une demi-vie de moins d'une minute. (INERIS, 2011)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du nickel dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

01 - Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Métaux associés aux déchets de forage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
 - 01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure
 - 01 03 05* autres stériles contenant des subst. dangereuses
 - 01 03 07* autres déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
- 01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
 - 01 04 07* déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
- 01 05 Boues de forage et autres déchets de forage
 - 01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des subst. dangereuses

04 - Déchets provenant des industries du cuir, de la fourrure et du textile

- Métaux (Cd, Cr, Cu, Ni) présents sous forme de pigments

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 04 02 Déchets de l'industrie textile
 - 04 02 16* teintures et pigments contenant des subst. dangereuses
 - 04 02 19* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

06 - Déchets des procédés de la chimie minérale

- Métaux lourds présents dans certains sels
- As, Hg et autres métaux présents des certains déchets contenant des métaux
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
 - 06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds
 - 06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds
- 06 04 Déchets contenant des métaux autres que la section 06 03
 - 06 04 05* déchets contenant d'autres métaux lourds
- 06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
 - 06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
 - 06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

07 - Déchets des procédés de la chimie organique

- Sels de chrome, nickel, zinc utilisés comme additifs dans la fabrication de caoutchouc
- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
 - 07 02 14* déchets provenant d'additifs contenant des subst. dangereuses
- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
 - 07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 03 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

08 – Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- Sels de cadmium, chrome, nickel utilisés comme pigments
- Certains métaux présents dans des toners d'impression (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
 - 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres subst. dangereuses
 - 08 01 13* boues de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
 - 08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses

- 08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres subst. dangereuses
- 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis
- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encre d'impression
- 08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des subst. dangereuses

10 – Procédés provenant de procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)
 - 10 01 02 cendres volantes de charbon
- 10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium
 - 10 03 08* scories salées de production secondaire
 - 10 03 09* crasses noires de production secondaire
 - 10 03 21* autres fines et poussières (dont fines de broyage de crasses) contenant des subst. dangereuses
 - 10 03 29* déchets provenant du traitement des scories salées et du traitement des crasses noires contenant des subst. dangereuses

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
 - 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
 - 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 - 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 - 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 16* cendres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses
- 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
 - 10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
 - 10 02 02 laitiers non traités
 - 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses

- 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
- 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
- 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11
- 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses
- 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
 - 10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
 - 10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 06 Déchets provenant de la pyrométallurgie du cuivre
 - 10 06 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 06 02 crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
 - 10 06 04 autres fines et poussières
 - 10 06 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
 - 10 06 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
 - 10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 - 10 09 11* autres fines contenant des subst. dangereuses
 - 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
 - 10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des subst. dangereuses
 - 10 10 11* autres fines contenant des subst. dangereuses

11 – Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
 - 11 01 05* acides de décapage
 - 11 01 06* acides non spécifiés ailleurs
 - 11 01 07* bases de décapage
 - 11 01 08* boues de phosphatation
 - 11 01 09* boues et gâteaux de filtration contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 10 boues et gâteaux de filtration autres que la rubrique 11 01 09
 - 11 01 11* liquides aqueux de rinçage contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 15* éluats et boues provenant des systèmes à membrane et des systèmes d'échange d'ions contenant des subst. dangereuses
 - 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées

12 – Déchets de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**

- 12 01 Déchets de mise en forme et traitement mécanique et physique de surface des métaux et plastiques
- 12 01 01 limaille et chutes de métaux ferreux
 - 12 01 02 fines et poussières de métaux ferreux
 - 12 01 03 limaille et chutes de métaux non ferreux
 - 12 01 04 fines et poussières de métaux non ferreux
 - 12 01 13 déchets de soudure
 - 12 01 14* boues d'usinage contenant des subst. dangereuses
 - 12 01 15 boues d'usinage autres que celles de la rubrique 12 01 14
 - 12 01 16* déchets de grenailage contenant des subst. dangereuses
 - 12 01 18* boues métalliques (du meulage et de l'affûtage) contenant des hydrocarbures
 - 12 01 20* déchets de meulage et matériaux de meulage contenant des subst. dangereuses

13 – Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chap. 05, 12 et 19)

- Métaux et HAP présents dans des huiles moteurs

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées
- 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
 - 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
 - 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
 - 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
 - 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

15 – Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 – Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- Métaux, BTEX, diphényléther polybromés présents dans des VHU
- Métaux, BTEX présents dans des filtres à huile
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Nickel et cadmium dans les accumulateurs Ni/Cd
- Chrome, cuivre, nickel et zinc potentiellement présents dans les catalyseurs usés
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 16 06 Piles et accumulateurs
- 16 06 02* accumulateurs Ni-Cd

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage et déchets provenant du démontage de VHU et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
- 16 01 04* véhicules hors d'usage
 - 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 - 16 01 07* filtres à huile
 - 16 01 18 métaux non ferreux
- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
- 16 02 13* équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que 16 02 09 à 16 02 12
 - 16 02 15* composants dangereux retirés des équipements mis au rebut
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire contenant des subst. dangereuses, dont mélanges dangereux, mis au rebut
 - 16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 06 Piles et accumulateurs
- 16 06 06* électrolyte de piles et accumulateurs collectée séparément
- 16 08 Catalyseurs usés
- 16 08 02* catalyseurs usés contenant des métaux ou des métaux de transition dangereux
 - 16 08 03 catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition non spécifiés ailleurs
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 – Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- Divers polluants métalliques, organiques, minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées.
- On notera que du nickel est présent à l'état d'impureté sous forme insoluble dans les ciments (INRS, 2011)

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 – Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- Métaux dans les cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets

- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des déchets de traitement mécanique de déchets de bois traités
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées
- Boues de STEP : Selon le site internet du CNB⁵¹⁷, **les boues d'épuration concentrent les contaminants présents dans les eaux usées**. Le taux de capture des contaminants (y compris le nickel) par les boues se situe entre 70 et 90 % des quantités entrantes dans la station d'épuration. Les teneurs des boues en contaminants varient selon la qualité des eaux entrantes et les traitements de stabilisation et/ou de déshydratation appliqués aux boues. Le chaulage, par exemple, par effet de dilution, diminue les valeurs observées. (INERIS, 2011)
Le site du CNB reprend des données collectées à travers des enquêtes ou des campagnes de mesure menées par l'ADEME, en 1995, l'Agence de l'eau RMC et Recyval en 1998 et SYPREA en 2000. En ce qui concerne le nickel, la valeur moyenne observée correspond à 40 g/t (matière sèche). Ce chiffre est à mettre en parallèle avec la valeur limite réglementaire de 200 g/t (matière sèche). Toujours sur ce site, une analyse statistique plus approfondie permet d'identifier des situations à faible niveau de contamination et des situations comparativement moins bonnes. Néanmoins, les données les plus récentes (SYPREA, 2000 cité par le site internet du CNB) confirment la baisse continue des teneurs en éléments métalliques des boues d'épuration. (INERIS, 2011)

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
 - 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
 - 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
 - 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
 - 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 04* déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
 - 19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des subst. dangereuses
- 19 03 Déchets stabilisés/solidifiés
 - 19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement stabilisés
 - 19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés
 - 19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification
 - 19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée

⁵¹⁷ Comité National des Boues <http://www.ademe.fr/partenaaires/Boues/Pages/chap33.htm>

- 19 05 Déchets de compostage
 - 19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
 - 19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
 - 19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
 - 19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds
- 19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux
 - 19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des subst. dangereuses
 - 19 10 05* autres fractions contenant des subst. dangereuses
- 19 12 Déchets du traitement mécanique des déchets (ex, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
 - 19 12 11* autres déchets (dont mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des subst. dangereuses
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 - 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des subst. dangereuses

20 – Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- Métaux dans des acides usés
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément
- Métaux dans des équipements électriques et électroniques collectés séparément
- Métaux (chrome, cuivre, arsenic), pentachlorophénol, HAP (créosote) dans des bois traités collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 33* piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 et 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant ces piles

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 14* acides
 - 20 01 27* peinture, encres, colles et résines contenant des subst. dangereuses
 - 20 01 35* équipements électriques et électroniques mis au rebut contenant des composants dangereux, autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21 et 20 01 23

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Les techniques d'analyse actuelles ne permettent pas la spéciation des différents sels de nickel. L'ensemble des méthodes décrites dans la suite de ce chapitre concerne le nickel et ses composés qui seront toujours dosés sous forme de nickel.

Dans l'eau, il est possible de doser le nickel sous trois formes :

- Le nickel dissous : il se retrouve dans la phase liquide du prélèvement d'eau qui est récupérée après filtration sur membrane de porosité 0,45 µm.
- Le nickel particulaire : il se retrouve sur le filtre de porosité 0,45 µm et il est dosé après attaque acide du filtre.
- Le nickel total : il est obtenu en faisant la somme des dosages du nickel dissous et du nickel particulaire; il est cependant possible d'effectuer l'analyse de l'élément total en procédant à une digestion appropriée de l'eau (sans l'avoir filtrée au préalable). Cette méthode est adaptée lorsque la quantité de matières en suspension (particules) n'est pas trop importante.

PRELEVEMENTS**NF EN ISO 5667-3 - Qualité de l'eau – échantillonnage – Guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons (février 1996).**

Domaine d'application : La norme donne des directives sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau. Cette norme présente en particulier le type de flacons et la méthode de conditionnement à utiliser pour la conservation optimale de chaque élément trace à doser.

Eaux de surface (AQUAREF, 2011)**Prélèvements et conditionnement**

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever.

Éviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons.

Rincer le matériel de prélèvement et les flacons trois fois avec l'eau à prélever sauf en cas de présence d'agent de conservation dans le flacon.

Bannir les matériaux pigmentés pour le système de prélèvement (matériaux non inertes).

Privilégier les matériaux en plastique (PEBD, PEHD, PP) ou téflon (PTFE, FEP, PFA).

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).

Vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre. Un contrôle des flacons doit être réalisé (blanc de flaconnage) par les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot.

Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon (PTFE) ou de PEHD.

Préparation / Transport

Filtration obligatoire à 0,45 µm (à réaliser de préférence sur site si le personnel a suivi une formation adéquate ou à défaut, au laboratoire dans les 24 h suivant le prélèvement)

Stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée.

Transport à température ambiante.

Si la filtration n'est pas effectuée sur site, l'échantillon sera transporté en glacière à 5 ± 3°C. La filtration puis l'acidification seront réalisées dès réception au laboratoire et au maximum dans les 24h après prélèvement.

Prétraitement / conservation

Filtration à 0,45µm, si non réalisée sur le terrain.

Stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée "pour analyse de traces" (1<pH<2)

La stabilité des échantillons stockés à température ambiante a été vérifiée jusqu'à un mois.

Limites de quantification**Remarque : NQE / 3**

- 1/ Très facilement atteignable par ICP-MS
- 2/ Atteignable par ICP-AES et Absorption Atomique Four (ZAAS)
- 3/ Difficilement atteignable par Absorption Atomique Flamme (FAAS) = nécessite une complexation - extraction avant analyse
- 4/ Non atteignable par Absorption Atomique Flamme (FAAS) en méthode d'analyse directe

NORMES D'ANALYSE**FDT 90-112 (Qualité de l'eau) Dosage de 8 éléments métalliques (Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Pb) par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme (FAAS)**

Domaine d'application : Cette norme décrit deux méthodes de dosages dans les eaux, par absorption atomique flamme de huit éléments métalliques.

- la méthode directe : elle est applicable quand les concentrations des éléments à doser sont élevées et quand il n'y a pas d'interférences notables (le domaine de dosage pour le nickel dans ce cas se situe entre 0,1 et 10 mg/l)
- la méthode de dosage après complexation et extraction : elle est applicable à des eaux peu chargées en matières organiques (le domaine de dosage pour le nickel dans ce cas se situe entre 1 et 200 µg/l).

Principe : L'échantillon est nébulisé dans la flamme d'un spectromètre d'absorption atomique. La concentration de chaque élément est donnée directement par la courbe d'étalonnage quand l'appareil est équipé d'un dispositif de correction de fond continu ou indirectement après avoir effectué une correction de l'absorbance non spécifique.

LQ usuelles : (AQUAREF, 2011)

50 à 100 µg/l (méthode directe) - ne permet pas d'atteindre NQE/3

1 à 6 µg/l (méthode après complexation-extraction) - permet d'atteindre NQE/3

NF EN ISO 15586 (Qualité de l'eau) Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (ZAAS)

Domaine d'application : La norme décrit une méthode de dosage par spectrométrie d'absorption atomique four graphite pour plusieurs éléments (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn) dans les eaux de surface, les eaux souterraines, **les eaux de rejet**, les eaux potables et les sédiments. Cette méthode permet d'atteindre de faibles concentrations.

Principe : L'échantillon est injecté dans le four d'un spectromètre d'absorption atomique avec atomisation électrothermique. Les mesures d'absorbance sont réalisées à 232 nm en utilisant le $Mg(NO_3)_2$ comme modifiant de matrice.

Certaines solutions comme les eaux de rejets ou la digestion des éléments peuvent contenir une grande quantité de substances pouvant affecter les résultats. Une concentration élevée en **chlorures** peut rendre certains éléments plus volatils et occasionner des pertes pendant l'étape de pyrolyse. Il est conseillé d'utiliser des tubes pyrolytiques, des plates-formes, des modifiants de matrice, la technique des ajouts dosés ou une correction de fonds pour minimiser ces effets.

LQ usuelles (AQUAREF, 2011). : 3 à 6 µg/l - permet d'atteindre NQE/3

NF EN ISO 15587-1 et 2 Qualité de l'eau – Digestion pour la détermination de certains éléments dans l'eau (mai 2002).

Domaine d'application : Cette méthode permet d'extraire des éléments traces dans une eau en utilisant l'eau régale (partie 1 de la norme) ou l'acide nitrique (partie 2 de la norme) comme agent de digestion. Elle est applicable à tous les types d'eau dont la concentration massique en solides en suspension est inférieure à 20 g/l et la concentration massique en COT, exprimée en carbone est inférieure à 5 g/l.

Principe : La prise d'essai est digérée avec de l'eau régale à une température définie. Elle doit au moins atteindre la température d'ébullition (103°C) et ne pas dépasser 175°C. Au point d'ébullition, la durée minimale nécessaire à la libération de la fraction digestible est de 2 heures. La digestion peut se faire dans différents systèmes de chauffage (chauffage électrique, micro-onde système ouvert, micro-onde système fermé ou autoclave système fermé).

NF EN ISO 11885 Dosage d'éléments choisis par spectrométrie d'émission optique avec plasma induit haute fréquence (ICP-AES)

Domaine d'application : La norme décrit une méthode de dosage pour 33 éléments (totaux, dissous ou particuliers) **dans les eaux** brutes, potables ou **résiduaux**. Le choix des longueurs d'onde dépend de la matrice car il existe plusieurs types d'interférences pouvant conduire à des inexactitudes dans le dosage des éléments à l'état de traces. Pour remédier à ces problèmes d'interférences, il est possible, soit de réaliser un balayage en longueur d'onde pour détecter toute éventuelle interférence spectrale possible, soit de compenser les interférences dues au bruit de fond par une correction du bruit de fond adjacente à la raie analytique.

Dans le cas du nickel, l'**élément interférent** signalé est le **cobalt** pour la longueur d'onde 231,604 nm.

Principe : Cette méthode consiste à mesurer l'émission atomique par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission des raies caractéristiques sont dispersés par un réseau et l'intensité des raies est mesurée par un détecteur.

LQ usuelles : 2 à 10 µg/l - permet d'atteindre NQE/3 (AQUAREF, 2011)

Incertitudes : (AQUAREF, 2011)

ICP AES : 8 - 26% (à une concentration de 10 µg/L) d'après l'approche essai-interlaboratoires, incertitude relative élargie selon XPT 90-220

ICP AES : 10% (à une concentration de 50 µg/L) (Eau CRM SPS-SW2) d'après l'approche contrôle interne INERIS, incertitude relative élargie selon XPT 90-220

ICP AES : 20% (à une concentration de 25 µg/L) d'après l'approche contrôle interne INERIS, incertitude relative élargie selon XPT 90-220

NF EN ISO 17294-2 (Qualité de l'eau) Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) - Partie 2 : Dosage de 62 éléments

LQ usuelles : 0,1 à 0,5 µg/l - permet d'atteindre NQE/3

Incertitudes : **ICP MS** 10% (à une concentration de 0,8 µg/L- Eau CRM TMRain95 d'après l'approche contrôle interne INERIS, incertitude relative élargie selon XPT 90-220

LD : 0,005 µg/l (Ghestem, et al., 2008)

Projet ISO/CD 17291 : Qualité de l'eau - Détermination de 61 éléments par ICP-MS - (décembre 2001)

Domaine d'application : La norme décrit une méthode de dosage pour 61 éléments dans les eaux potables et relativement peu chargées. Elle peut s'étendre aux boues et sédiments après digestion en tenant compte des interférences possibles. Dans les eaux potables et relativement peu polluées pour la plupart des éléments les limites de dosage se situent entre 0,1 et 1 µg/l. Les limites peuvent être plus élevées quand il y a la présence d'interférents ou effets mémoires.

Il existe deux types d'interférences :

✓ **Les interférences spectrales** : dans le cas du nickel :

- avec l'isotope 58, il existe une interférence avec Fe, CaO, CaN, NaCl, MgS,

- avec l'isotope 60, il existe une interférence avec CaO, CaN, MgCl, NaCl.

✓ **Les interférences non spectrales** :

Elles proviennent des différentes **propriétés physiques** des solutions (matrice, viscosité) qui ont tendance à avoir un effet sur le signal et dans ce cas elles peuvent être corrigées avec l'utilisation d'un étalon interne ou par dilution de l'échantillon.

Elles peuvent également provenir de la **salinité** de la solution ou des résidus de l'échantillon qui ont tendance à créer un effet mémoire, d'où la nécessité d'utiliser des contrôles avec des blancs de solution.

Principe : Cette méthode consiste à mesurer les ions par un spectromètre de masse après nébulisation dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément à doser.

AUTRES METHODES D'ANALYSES

Des méthodes d'analyse du nickel dans les eaux et diverses matrices sont accessibles dans une base de données dédiée à la spéciation <http://www.speciation.net/Database/Links/all-about-nickel.html>

ISO 8288 : Qualité de l'eau – Dosage du cobalt, nickel, cuivre, zinc, cadmium et plomb – Méthodes par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (mars 1986).

FD T 90-119 : Qualité de l'eau – Dosage d'éléments minéraux (Al, Sb, Ag, As, Ba, Co, Cu, Sn, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V) par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique (juillet 1998).

EPA Test method - Method 7000A : Atomic absorption methods (july 1992).

EPA Method 7520 : Nickel (atomic absorption, direct aspiration) (december 1996).

EPA Method 7521 : Nickel (atomic absorption, furnace method) (september 1986).

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Produits de substitution et changement de process dans les industries du secteur des déchets

Le nickel (et composés) n'entre pas dans les réactifs utilisés dans les process des industries du secteur des déchets. Aucune substitution ou changement de process n'a été identifié.

Changement de process dans les autres secteurs industriels

Il y a de nombreuses applications où aucune alternative à l'utilisation de nickel n'est disponible. De plus, le nickel est utilisé en remplacement de certaines applications de substances potentiellement dangereuses. Par exemple, les batteries NiMH ont été développées comme alternative aux batteries rechargeables NiCd. De plus, le nickel posséderait des avantages au détriment de ses éventuelles alternatives telles que la prolongation de la durée de vie des équipements de production et des articles dans lesquels il est présent (par le biais d'une augmentation de la résistance à la corrosion et à la chaleur des matériaux), la facilité de nettoyage (en terme d'élimination de la prolifération bactérienne, notamment dans le milieu médical et dans l'industrie agro-alimentaire), ou encore les propriétés magnétiques particulières conférées aux alliages contenant du nickel qui facilitent leur tri lors de la récupération d'anciens équipements. (INERIS, 2011)

Traitement des effluents

- **Traitement par coagulation, floculation, décantation**

Cette technique est couramment appliquée en association ou non à un traitement biologique. Elle permet d'abattre significativement la concentration en cuivre sans toujours atteindre les limites imposées par la DCE. Les taux de nickel peuvent être réduits de 0% à 20% (On doit veiller à séparer le nickel des composés cyanurés avec lesquels ils forment des complexes stables qui ne pourront pas être traités (commission européenne, 2005) Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

- **Traitement par clarification complète**

Efficacité : l'élimination du nickel par ce traitement est estimée aller de 0% à 20%

La clarification regroupe les processus suivants : **coagulation, floculation et décantation**. Le coagulant ajouté à l'eau a pour rôle de transformer les métaux lourds dissous dans l'eau en composés insolubles qui précipiteront. On utilisera alors un procédé de décantation ou de filtration pour finir le traitement. Les taux de nickel peuvent être réduits de 0 à 20% (Degrémont, 2005). On doit veiller à séparer le Nickel des composés cyanurés avec lesquels il forme des complexes stables qui ne pourront pas être traités (INERIS, 2011)

- **Traitement par clarification + affinage CAG (filtres à Charbon Actif Granulaire)**

Efficacité : l'élimination du nickel par ce traitement est estimée aller de 20% à 50%

Le phénomène physique à l'œuvre au sein des filtres à charbon actif est l'**adsorption**, c'est à dire l'adhésion des matières à filtrer sur la surface d'un solide, sans réaction chimique. L'utilisation de la filtration par charbon actif en poudre permet une adsorption moyenne du nickel (Degrémont, 2005).

Ces procédés sont utilisés notamment dans le traitement des effluents des activités de traitement de surface (nickelage). (INERIS, 2011)

- **Traitement par membranes OI (osmose inverse) ou NF (nanofiltration)** (INERIS, 2011)

Efficacité : l'élimination du nickel par ces traitements est estimée aller de 80% à 100%

- **Traitement par extraction électrolytique** (INERIS, 2011)

Le site internet de la DRIRE d'Ile-de-France rapporte⁵¹⁸ un exemple de traitement des effluents liquides industriels contenant du nickel en centre de traitement et de valorisation de déchets dangereux. Cette installation de valorisation de nickel par voie électrolytique permet d'extraire du nickel pur de déchets liquides provenant de l'industrie électronique (bains de sulfamate de nickel sans matière organique ni toxique contenant en moyenne 35 g/L de nickel). Mis en service en 2003 suite à un investissement de 220 k€, ce centre obtient, pour 1 tonne de déchet traité, 34 kg de nickel pur qui peut être recyclé. La quantité finale de déchets destinés à être stockés en centre d'enfouissement technique de classe 1 n'est plus que de 2,5 kg par tonne de déchet brut traité, alors qu'elle était de 140 kg en l'absence du traitement de valorisation.

- **Traitements par cristallisation ou précipitation** (INERIS, 2011)

Lorsqu'il est utilisé comme catalyseur, le nickel est récupéré et recyclé en grande partie. Une optimisation des taux de récupération est de recyclage pourrait parfois être envisageable.

Des procédés spécifiques sont utilisés dans le domaine de la chimie pour les effluents liquides fortement chargés en métaux et notamment en nickel (European Commission, 2002) :

- cristallisation pour des effluents provenant de la fabrication de dithiocarbamates métalliques (pour des concentrations dans l'effluent comprises entre 50 et 250 ppm).
- cristallisation pour des effluents provenant de la fabrication de certains élastomères métalliques (pour des concentrations dans l'effluent comprises entre 50 et 400 ppm).

Dans ces deux cas, les concentrations en nickel après traitement pouvant être atteintes sont de 1mg/l.

- précipitation suivie d'un procédé de séparation. La performance du procédé est très variable.

⁵¹⁸ Après vérifications, le document d'origine n'est plus accessible sur le site de la DRIRE Ile de France

REFERENCES

AQUAREF Nickel [En ligne] // AQUAREF. - 2011. -

http://www.aquaref.fr/files/Fiche_Nickel_version_site_3_04_09.pdf.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. -

http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Ghestem JP, Crouzet C et Girardot N Estimation des fonds géochimiques en éléments traces des eaux de surface continentales et des eaux souterraines : cahier des charges pour l'analyse et le prélèvement. [Rapport] : Version 0. - [s.l.] : BRGM, 2008. - p. 44 pages . - 6 Tableaux, 1 Annexe. - RP-56835-FR .

INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

INERIS Nickel [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. -

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1301>.

INERIS Nickel et ses composés [En ligne] // Portail Substances Dangereuses. - 2011. -

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1301>.

INERIS Nickel et ses principaux composés - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2006. -

<http://www.ineris.fr/substances/fr/search/>.

INRS Dermatoses professionnelles au ciment [En ligne] // Documents pour la médecine du travail. -

2011. - [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_search_view/5523EE7585954646C1256CC60045DC87/\\$File/ta64.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_search_view/5523EE7585954646C1256CC60045DC87/$File/ta64.pdf). - 88 TA 64.

INRS Nickel & oxydes - FT 68 [En ligne] // INRS. - 2009. - [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_search_view/2E9599BB289BBEBEC1256CE8005A3FBF/\\$File/ft68.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_search_view/2E9599BB289BBEBEC1256CE8005A3FBF/$File/ft68.pdf).

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

PLOMB ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF**Symbole : Pb****N° CAS : 7439-92-1**

Famille :

métaux
métaux lourds
sels métalliques**Propriétés physico-chimiques :**

Masse molaire : 207,20 g/mol (INERIS, 2003)

Solubilité dans l'eau : 1,13 mg/L à 37°C (RMC, 2010) Insoluble (INERIS, 2003)

Pression de vapeur : 133 Pa à 1 810°C (RMC, 2010) (pour information)
non concerné à température ambiante (INERIS, 2003)**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :***Le plomb (métal) peut réagir par électrochimie avec des certains métaux (aluminium), ou même l'acier ; la réaction peut aller jusqu'à la disparition de ces métaux***Toxicité et écotoxicité :**

NQE milieu aquatique : 7,2 µg/L (Dir. 2008/105/CE)

LQ circ 05/01/09 = 5 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

PNEC eau douce : 5 µg/l (INERIS, 2003)

Occurrence du plomb dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE 2 campagne en cours - données novembre 2011) :Selon les données partielles de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés⁵¹⁹ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **6 714,3 g/j** (179 sites - 934 mesures - 12 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 flux supérieurs au seuil réduction).**Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets**Selon ces données, le plomb est une substance d'intérêt pour tous les sous secteurs des industries du déchet, par ordre d'importance : **3.5** (Autres sites de traitement de DND), **3.2** (Installations de stockage DND), **3.1** (Regroupement, traitement, pré-traitement DD) et **3.3** (UIOM)

Le plomb ne fait pas partie des analyses systématiques des rejets du sous-secteur 3.2 et que les données disponibles ne sont donc pas représentatives pour cette substance.

Traitabilité - résumé⁵²⁰

Le plomb est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible d'être détruite par un traitement.

Le plomb peut être éliminé des eaux usées industrielles par des combinaisons de traitements : précipitation-neutralisation-filtration (on atteint des concentrations en métaux lourds inférieures à 0,1 mg/l) ; coagulation-floculation-décantation ; tamisage-écumage- décantation-centrifugation-filtration. On notera que le plomb a une affinité moyenne pour le charbon actif.

En traitement de finition, l'électrodialyse, le filtre à sable continu ou les techniques membranaires sont cités.

Adsorption : le plomb a une affinité moyenne pour le charbon actif.

La rhyzofiltration est citée comme méthodes biologiques de finition en aval de stations d'épuration.

⁵¹⁹ Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné⁵²⁰ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes**DESCRIPTIF DES COMPOSES DU PLOMB**

Nom	Synonyme	Formule	n° CAS
oxyde de plomb	litharge massicot lead(2+) oxide jaune d'oxyde de plomb	Pb O	1317-36-8
dioxyde de plomb	peroxyde de plomb lead (IV) oxide brun de plomb	Pb O ₂	1309-60-0
tétraoxyde de plomb	minium lead oxide (3:4) rouge d'oxide de plomb orange de plomb	Pb ₃ O ₄	1314-41-6
nitrate de plomb		Pb NO ₃	
sulfate de plomb	anglésite lead (2+) sulfate	Pb S O ₄	7446-14-2
sulfure de plomb	galène lead(2+) sulfide	Pb S	1314-87-0
carbonate de plomb	Cérusite carbonic acid, lead (2+) salt	Pb C O ₃	598-63-0
carbonate basique de plomb	céruse	(Pb C O ₃) ₂ , Pb (O H) ₂	1319-46-6
chromate de plomb		Pb CrO ₄	
acétate de plomb	Acetic acid, lead(2+) salt	Pb (C ₂ H ₃ O ₂) ₂	301-04-2

Cette liste n'est pas exhaustive, il existe d'autres composés du plomb, en particulier des substances organométalliques (plomb tétra-éthyle ou tétra-méthyle par exemple).

Propriétés physico-chimiques :

Nom	Formule	masse molaire (g/mol)	Solubilité dans l'eau (mg/l)
oxyde de plomb	Pb O	223,2 (INERIS, 2003)	17 à 20°C très peu soluble (INERIS, 2003)
dioxyde de plomb	Pb O ₂	239,2 (INERIS, 2003)	insoluble (INERIS, 2003)
tétraoxyde de plomb	Pb ₃ O ₄	685,6 (INERIS, 2003)	insoluble (INERIS, 2003)
nitrate de plomb	Pb NO ₃		
sulfate de plomb	Pb S O ₄	303,3 (INERIS, 2003)	42,5 à 25°C très peu soluble (INERIS, 2003)
sulfure de plomb	Pb S	239,3 (INERIS, 2003)	insoluble (INERIS, 2003)
carbonate de plomb	Pb C O ₃	267,2 (INERIS, 2003)	1,1 à 20°C très peu soluble (INERIS, 2003)
carbonate basique de plomb	(PbCO ₃) ₂ , Pb(OH) ₂	775,7 (INERIS, 2003)	insoluble (INERIS, 2003)
acétate de plomb	Pb (C ₂ H ₃ O ₂) ₂	325,3 (INERIS, 2003)	4,4*10 ⁵ à 20°C (INERIS, 2003)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

Réactions électrochimiques en présence d'autres métaux tels que l'aluminium ou l'acier.

Certains sels de plomb réagissent chimiquement avec d'autres matériaux. C'est le cas de l'acétate de plomb qui réagit avec les élastomères utilisés dans des pompes, de type polyuréthane ou Viton^{® 521}

REGLEMENTATION

- Le plomb fait partie de la liste de l'**OSPAR** des produits chimiques sur lesquels il est nécessaire d'agir en priorité depuis 1998. L'objectif est d'arrêter en 2020 les émissions et les pertes de ce métal. Le plomb est également inclus dans l'annexe 2 de la stratégie OSPAR concernant les substances dangereuses.
- La décision 2000/532/CE de la Commission du 3 mai 2000 remplaçant la décision 94/3/CE établissant une liste de déchets a classé les batteries au plomb comme déchets dangereux (décision transcrite en droit français par le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la **classification des déchets**, puis par le code de l'environnement.
- **DCE modifiée** : Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵²²
 - annexe II le plomb et ses composés sont identifiés en tant que substances prioritaires
 - annexe I : le plomb et ses composés sont mentionnés

Le plomb et ses composés font l'objet de restrictions d'usage :

- Le Règlement 3279/92/CE interdit l'utilisation de **capsules en plomb pour les bouteilles de vin**, à partir du 1^{er} janvier 1993.
- La Directive 98/70/CE concernant la **qualité de l'essence** et des carburants diesel interdit la vente d'essence plombée sur le territoire des pays de l'Union Européenne depuis le 1^{er} janvier 2000.
- La directive 2000/53/CE relative aux **véhicules hors d'usage** interdit l'utilisation de plomb dans les véhicules mis sur le marché après le 1^{er} juillet 2003 (article 4.2.a).

De nombreuses exceptions sont prévues :

- L'usage du plomb dans les batteries
- Le plomb comme élément d'alliage avec l'acier (jusqu'à 0,35% de plomb), l'aluminium (jusqu'à 0,4%) ; l'aluminium pour jantes, pièces de moteur et manettes d'ouverture de fenêtres (jusqu'à 4%) et le cuivre (jusqu'à 4%)
- Les coussinets et pistons en plomb/bronze
- Certains usages du plomb et de ses composés dans les composants (revêtement intérieur des réservoirs d'essence, amortisseurs, agents de vulcanisation pour circuits sous haute pression ou tuyaux pour carburant, stabilisant de peintures protectrices, soudures dans les plaquettes à circuits électroniques et autres applications.

⁵²¹ <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

⁵²² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

- Directive 2002/95/CE relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les **équipements électriques et électroniques**

Pour prendre en compte le manque de technologies de substitution, de nombreuses utilisations sont exclues des restrictions d'usage (sous réserve de modification de cette liste par la Commission européenne) :

- Le plomb dans le verre des tubes cathodiques, des composants électroniques, et des tubes fluorescents ;
- Le plomb dans les alliages avec l'acier (jusqu'à 0,35% de Pb), l'aluminium (jusqu'à 0,4%), le cuivre (jusqu'à 4%).
- Le plomb dans les soudures à haute température de fusion (alliages étain-plomb >85%)
- Le plomb dans les soudures pour les équipements d'infrastructure de réseaux destinés à la commutation, la signalisation, la transmission ainsi qu'à la gestion de réseaux dans le domaine des télécommunications ;
- Le plomb dans les composants électroniques en céramique tels que les dispositifs piézo-électriques
- Décret n° 2003-462 du 21 mai 2003 relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé publique : l'article R1321-51 interdit l'usage du plomb ou d'éléments en plomb pour les **canalisations** (usage en pratique interdit depuis 1995).
- Décret n° 2003-1254 du 23 décembre 2003 relatif à la prévention du risque chimique et modifiant le code du travail interdit dans tous les travaux de peinture l'emploi de **peintures au plomb** : céruse (Pb HCO₃), du sulfate de plomb (Pb SO₄).

- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances**⁵²³.

- Annexe XVII : Carbonates et sulfates de plomb - restrictions d'utilisation - ne peuvent être utilisés comme peintures si ce n'est pour l'entretien des œuvres d'art et des monuments historiques
- Annexe XVII - appendice 1 : l'hydrogéoarsénate de plomb est qualifié de substance cancérogène catégorie 1
- Annexe XVII - appendice 5 : les composés du plomb hormis ceux nommément désignés ailleurs, ainsi que plusieurs composés : l'hexafluorosilicate de plomb (II), les dérivés alkylés du plomb, l'azoture de plomb, le chromate de plomb, les acétates de plomb, le di-orthophosphate de tri-plomb, le méthanesulfonate de plomb, le jaune de sulfochromate de plomb, le rouge de chromate de molybdate, de sulfate de plomb, l'hydrogéoarsénate de plomb, sont qualifiés de substances toxiques pour la reproduction catégorie 1.

⁵²³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

- **Règlement n°1272/2008/CE⁵²⁴ : classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses :**

	Catégorie de danger :	Codes danger	Dangers
Composés du plomb hormis ceux spécifiés ailleurs dans l'annexe	Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité aiguë par inhalation Toxicité aiguë par voie orale Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Hexafluorosilicate de plomb (CAS 25808-74-6)	Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité aiguë par inhalation Toxicité aiguë par voie orale Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Alkyls de plomb	Repr. 1A Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Mortel par inhalation Toxicité aiguë par voie cutanée Mortel en cas d'ingestion Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Azoture de plomb (azide de Pb) (CAS 13424-46-9)	Unst. Expl. Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H200 H360-Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	Instable, explosif Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité aiguë par inhalation Toxicité aiguë par voie orale Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Chromate de plomb (CAS 7758-97-6)	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360-Df H373 (**) H400 H410	Susceptible de provoquer le cancer Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Diacétate de plomb (CAS 301-04-2)	Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H373 (**) H400 H410	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Bis orthophosphate de plomb (3) (CAS 7446-27-7)	Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H373 (**) H400 H410	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Acétate de plomb basique (CAS 1335-32-6)	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360-Df H373 (**) H400 H410	Susceptible de provoquer le cancer Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Métasulfonate de plomb (CAS 17570-76-2)	Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H360-Df H332 H302 H373 (**) H315 H318	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité aiguë par inhalation Toxicité aiguë par voie orale Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Corrosif, irritant pour la peau Lésions oculaires graves, irritation oculaire

⁵²⁴ <http://www.ineris.fr/gesdoc/aida/file/text/7075.pdf>

	Catégorie de danger :	Codes danger	Dangers
Jaune de sulfochromate de plomb C.I. Pigm. Yellow 34. (CAS 1344-37-2)	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360-Df H373 (**) H400 H410	Susceptible de provoquer le cancer Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Rouge de chromate molybdate sulfate de plomb C.I. Pigm. Red 104 (CAS 12656-85-8)	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360-Df H373 (**) H400 H410	Susceptible de provoquer le cancer Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Arsénate de plomb (CAS 7784-40-9)	Carc. 1A Repr. 1A Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H360-Df H331 H301 H373 (**) H400 H410	Cancérogénicité cat. 1A Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité aiguë par inhalation Toxicité aiguë par voie orale Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme
Styphnate de plomb 2,4,6-trinitrorésorcinate 1 de Pb (CAS 15245-44-0)	Unst. Expl Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H200 H360-Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	Explosif instable Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Toxicité aiguë par inhalation Toxicité aiguë par voie orale Toxicité pour organes cibles (expositions répétées) Très toxique pour les organismes aquatiques Très toxique pour les org. aquat. effets à long terme

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁵²⁵**
 - Annexe 1 : le plomb fait partie des substances dangereuses à rechercher dans tous les sous secteurs des activités de traitement et de stockage des déchets : **3.1 - 3.2 - 3.3 - 3.4 - 3.5**
 - L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 5 µg/L

De nombreux autres textes réglementent les émissions de plomb dans l'air et/ou dans l'eau pour les ICPE de divers secteurs d'activité (métallurgie, verrerie, incinération des déchets et autres secteurs.

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le plomb est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

Dans le secteur des industries du déchet, des émissions sont connues dans le cas des installations d'incinération des déchets dangereux et non dangereux (existence de limites d'émissions réglementaires dans les rejets aqueux et atmosphériques). (INERIS, 2005)

⁵²⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRODUCTION / UTILISATION

Historiquement, le plomb a été utilisé dans de nombreuses applications (alliages, pigments, soudures, composants électroniques, batteries et accumulateurs, verres, essence, etc.). Son utilisation a été peu à peu interdite : comme aditif de l'essence (depuis 2000 en UE), dans les peintures (réduite depuis 1915 en France, mais interdite depuis 1993), pour les canalisations (interdit depuis 1995), pour les capsules des bouteilles de vin et les boîtes de conserves et autres ustensiles de cuisine en céramique (depuis 1993)... (INERIS, 2005)

Ses propriétés de flexibilité, de résistance à la corrosion, de densité ont conduit à de multiples utilisations historiques dans le bâtiment (tuyaux, étanchéité, protection contre les rayonnements, peintures...) dans les équipements électriques et électroniques, dans les véhicules, carburants, le verre, les munitions, etc. (INERIS, 2005)

Production**Production du plomb** (INERIS, 2003)

Le plomb est **présent dans divers minéraux** dont les plus importants sont essentiellement la galène (PbS), mais aussi la cérusite (Pb CO₃) et l'anglésite (Pb SO₄). Le minerai broyé est enrichi par flottation. Le plomb métal est obtenu après fusion et purification. Le plomb peut aussi être obtenu par **raffinage de résidus ou de déchets** contenant du plomb. En particulier les batteries mises au rebut sont converties en plomb ou en alliages de plomb par des procédés pyrométallurgiques adaptés.

Production des composés du plomb (INERIS, 2003) :

L'acétate de plomb est obtenu en dissolvant du monoxyde de plomb ou du carbonate de plomb dans de l'acide acétique concentré.

Le carbonate de plomb (cérusite) est présent à l'état naturel dans le sol. Il peut également être obtenu par action du dioxyde de carbone sur une solution d'acétate ou de nitrate de plomb en présence de carbonate d'ammonium ou par agitation d'une suspension d'un sel moins soluble que le carbonate avec du carbonate de sodium ou du carbonate d'ammonium.

Le carbonate basique de plomb (céruse) est obtenu par pulvérisation d'oxyde de plomb avec une solution d'acide acétique en présence de dioxyde de carbone.

L'oxyde de plomb (litharge) est présent dans certains minéraux. Le plomb et ses composés peuvent donner naissance à de l'oxyde de plomb dans l'atmosphère ou dans le sol. L'oxydation dans l'air de plomb fondu peut également produire de l'oxyde de plomb.

Le dioxyde de plomb existe à l'état naturel ou peut être formé par hydrolyse d'acétate de plomb ou à partir d'acétate de plomb et d'hypochlorite de calcium.

Le tétraoxyde de plomb (minium) est formé par calcination d'un mélange oxyde de plomb/plomb finement broyé à 470 °C.

Le sulfure de plomb (galène) existe à l'état naturel mais peut aussi être formé par barbotage de sulfure d'hydrogène dans une solution de sel de plomb ou par chauffage de sel de plomb dans une atmosphère de soufre.

Le sulfate de plomb (anglésite) est l'un des trois principaux minerais plombifères. Il peut être présent dans les minerais de plomb comme une altération de la galène. On peut d'autre part l'obtenir par action de l'acide sulfurique chaud sur l'oxyde, l'hydroxyde ou le carbonate de plomb ou par action de l'acide sulfurique sur un sel soluble de plomb.

Utilisations

Les batteries électriques représentent une fraction importante des utilisations du plomb. Les batteries pour l'automobile représentent à elles seules 65 à 70 % des utilisations du plomb dans le monde occidental. Le reste de la consommation concerne des usages divers : radiateurs d'automobiles, munitions, alliages, enrobage de câbles, produits extrudés, feuille de plomb (protection contre les rayonnements), soudure, céramique, masses de lestage, tuyaux, réservoirs... Ces marchés traditionnels ont tendance à diminuer au profit de nouveaux besoins liés au développement de technologies modernes : protection contre l'exposition aux rayonnements dans le domaine de l'imagerie médicale, des techniques de radiothérapie, de la technologie nucléaire utilisée à des fins médicales et militaires ; supraconducteurs permettant le développement de calculateurs hyper-rapides, d'équipements de diagnostic médical plus sensible. (INERIS, 2003)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique du plomb ou de ses composés en tant que tels dans les procédés des industries du déchet.
- Lorsqu'il est initialement présent dans les déchets (ex. batteries...), du plomb, peut être émis par les installations.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur de la chimie

- **L'acétate de plomb** est utilisé dans plusieurs procédures analytiques, la détection des sulfides, pour déterminer le CrO₃, le MoO₃ (RMC, 2010)
- **L'oxyde de plomb** est employé dans la fabrication de produits chimiques. (INERIS, 2003)
- Le **dioxyde de plomb** sert à la fabrication d'intermédiaires chimiques et est utilisé en chimie analytique. (INERIS, 2003)
- Le **tétraoxyde de plomb (minium)**, est utilisé pour la production de dioxyde et de tétraacétate de plomb. (INERIS, 2003)

Dépôts et terminaux pétroliers, raffinage, mélange et conditionnement de produits pétroliers

- Usage historique: les additifs de plomb dans l'essence (sous forme de **plomb tétra-éthyle** ou de **plomb tétra-méthyle**) ont longtemps été une des principales applications du plomb. Cependant cet usage a été progressivement banni en Europe. En France, la vente d'essence plombée est interdite depuis le 1^{er} janvier 2000 (RMC, 2010).

Fusion du verre, cristallerie et autres industries du verre

- Le plomb entre dans la composition de verres de protection contre les rayonnements (X et nucléaires). Il est ainsi utilisé dans les tubes cathodiques pour son exceptionnel pouvoir d'absorption des rayonnements ionisants. L'ampoule de verre d'un tube cathodique est composée d'un écran (partie visible) et d'un cône (prolongement arrière caché dans le téléviseur); le plomb n'est présent que dans la composition du verre des cônes. (RMC, 2010) L'introduction des écrans plats devrait induire une baisse de cet usage. Les autres applications devraient rester stables (RMC, 2010)
- Le plomb entre dans la composition de verres antiradiations. L'usine de retraitement des combustibles irradiés de la Hague utilise plus de 200 fenêtres de verre au plomb (jusqu'à 80% de **PbO**). (RMC, 2010)

- L'**oxyde de plomb** peut remplacer en majeure partie l'oxyde de calcium pour produire du cristal. Ce type de verre comprend entre 25 et 30% d'oxyde de plomb. (RMC, 2010) Il est utilisé dans la verrerie technique, principalement dans la fabrication de tubes cathodiques pour téléviseurs et moniteurs informatiques. L'oxyde de plomb haute pureté est utilisé dans les verres optiques de précision (lasers, rayons X, fibres optiques, dispositifs de vision de nuit...). (INERIS, 2003)
- Le **tétraoxyde de plomb (minium)**, comme l'oxyde de plomb, est utilisé dans le domaine de la verrerie technique (fabrication de tubes cathodiques pour téléviseurs et moniteurs informatiques. Il est également largement utilisé en cristallerie. A un niveau moindre, il est employé pour la réalisation des glaces sans tain. (INERIS, 2003)
- L'**oxyde de plomb** est également utilisé pour la production de fibres optiques qui sont constituées d'une peau en verre ordinaire (indice de réfraction de 1,5) et d'un cœur en verre au plomb (50% de PbO) (RMC, 2010)
- En cristallerie, le **nitrate de plomb** est utilisé pour faire des gravures (RMC, 2010)

Centrale thermique de production d'électricité

- Utilisation d'alliages de plomb dans les soudures. (RMC, 2010)
- Utilisation du plomb dans des gaines de câbles (INERIS, 2005)

Industrie des poudres et explosifs

- Le **nitrate de plomb** est utilisé dans les explosifs spéciaux et en pyrotechnie (RMC, 2010)
- Le **dioxyde de plomb** de produits pyrotechniques, d'explosifs. (INERIS, 2003)

Colles et adhésifs

- L'**acétate de plomb** est utilisé comme agent colorant pour les adhésifs (RMC, 2010)

Fabrication de peintures & pigments

- Usage historique : le **minium** Pb_3O_4 a été utilisé comme peinture anticorrosion pour le fer et l'acier. Des pigments de couleur étaient élaborés à partir de différents composés de plomb : pigments jaunes (**chromate** : $Pb CrO_4$ pour la peinture des anciennes bandes jaunes routières) ou rouges. Ces pigments ne sont plus utilisés. (RMC, 2010). Historiquement, le plomb entre dans la composition de peintures (**céruses**) qui ont été progressivement interdites. En France, l'interdiction est effective depuis février 1993. (RMC, 2010)
- Le **tétraoxyde de plomb (minium)**, est employé dans les peintures anticorrosion pour le fer et l'acier. et aussi dans les peintures pour porcelaine, et stylos pour écrire sur le verre. (INERIS, 2003)
- L'**acétate de plomb** est utilisé dans la teinture du coton, dans les peintures "antifouling", dans l'industrie cosmétique, notamment comme colorant capillaire, et comme siccatif pour les vernis, les peintures et les encres. (INERIS, 2003)
- L'**oxyde de plomb** est employé dans la fabrication de pigments. (INERIS, 2003)
- Le **dioxyde de plomb** sert à la fabrication de pigments, de teintures pour textiles. (INERIS, 2003)

Industrie du plastique

L'oxyde de plomb (litharge) est parfois ajouté au PVC pour réduire la dégradation causée par la chaleur et les rayons ultraviolets pendant la production et l'usage des plastiques. Il est surtout utilisé dans les produits PVC rigides destinés à des emplois durables, dans le bâtiment notamment (qui contiennent alors environ 1% d'oxyde de plomb : cadres de fenêtre (8% des applications e PVC) et tuyaux (33% des applications de PVC). (RMC, 2010) Cette application a diminué de 70% dans les années 1970 et a été relativement stable ensuite. L'industrie du PVC envisage de réduire encore sa consommation de plomb, si bien que cet usage aura sans doute pratiquement disparu en 2010. (RMC, 2010)

D'après l'ESPA (European Stabilisers Producers Association), en 2000, environ 170 kt de stabilisants ont été utilisés annuellement en Europe. 71% de ces stabilisants sont à base de plomb. (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

- Le plomb est utilisé comme stabilisant de caoutchoucs. (INERIS, 2005)
- L'**acétate de plomb** entre dans la composition d'anti-oxydants pour caoutchouc (RMC, 2010)
- Le **chromate de plomb** est un pigment utilisé dans l'industrie du caoutchouc (RMC, 2010)
- Le **tétraoxyde de plomb (minium)**, est employé comme pigment pour caoutchouc. (INERIS, 2003)

Ennoblement textile

- L'**acétate de plomb** est utilisé comme mordant pour les teintures de vêtements en coton (RMC, 2010)
- Le **carbonate basique de plomb** est utilisé comme catalyseur dans la préparation de polyester, et pour renforcer le nylon des filets de pêche. (INERIS, 2003)

Préparation de pâte chimique et fabrication de papier carton

- Le plomb est un composé dans la préparation de papier d'imprimerie (RMC, 2010)

Sidérurgie et fonderie, travail mécanique des métaux, traitement et revêtement de surface

- Le plomb est utilisé dans des procédés de plaquage électrolytique et de galvanisation (RMC, 2010)
- Des bains de plomb fondu sont également utilisés lors des procédés de recuit pour refroidir les produits en acier lors de leur fabrication (RMC, 2010)
- L'expérience montre que seulement 1% du plomb émis est le fait de rejets canalisés, c'est à dire des émissions des cheminées. 99% sont des émissions sont dues aux émissions diffuses, qui ne sont ni traitées, ni captées. (RMC, 2010)
- Le plomb entre dans des produits de soudure utilisés dans l'industrie automobile, les boîtes de conserves et la plomberie (RMC, 2010)

Formulation galénique de produits pharmaceutiques

- Le **dioxyde de plomb** est utilisé dans la production de médicaments (RMC, 2010)

Industrie du traitement des cuirs et peaux

- Le plomb peut être utilisé dans le tannage chimique du cuir (pas de source scientifique) (RMC, 2010)

Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires

- Le plomb donne une finition lisse et anti-rayure à divers produits céramique. Pour cela il est souvent utilisé sous forme minium (Pb_3O_4). Cette application est en déclin suite à des changements de technologie (RMC, 2010)
- L'oxyde de plomb est employé dans la fabrication de céramiques. (INERIS, 2003)

Fabrication d'accumulateurs et de piles

- La fabrication d'accumulateurs et de piles est l'usage dominant du plomb, en constante augmentation (près de 75% en France, près de 60% en Europe) (RMC, 2010)
- Fabrication de batteries plomb-acide** : la composition moyenne (en masse) des batteries plomb-acide est la suivante : sulfate de plomb : 24,5% ; alliage de plomb : 21% ; oxyde de plomb : 16% (RMC, 2010).
- Les batteries pour l'automobile représentent à elles seules 65 à 70% des utilisations du plomb dans le monde occidental. (INERIS, 2003)
- L'**oxyde de plomb** est utilisé principalement dans la fabrication des batteries électriques. (INERIS, 2003)
- Le **dioxyde de plomb** sert à la fabrication d'électrodes de batteries électriques. (INERIS, 2003)

Extraction par la vapeur des parfums, huiles essentielles et arômes

- L'**acétate de plomb** est utilisé dans les procédés de production de cosmétiques, parfums et dans l'industrie du "toiletage" (RMC, 2010)

Industrie des polymères

- Le **nitrate de plomb** est utilisé dans l'estérification de catalyse pour les polyesters (RMC, 2010)
- Le **carbonate basique de plomb** est utilisé comme catalyseur dans la préparation de polyesters. Il est également utilisé pour stabiliser les polymères PVC. (INERIS, 2003)

Industrie de l'imprimerie

- Le plomb est utilisé comme métal d'imprimerie (alliage plomb-étain-antimoine) (RMC, 2010)
- L'**acétate de plomb** est utilisé dans les encres. (INERIS, 2003)
- Le **carbonate basique de plomb** est utilisé comme pigment pour la fabrication des encres thermo-sensibles. (INERIS, 2003)

Autres secteurs majoritaires

- Plomb à munition** : 80% du plomb à munition sert à produire des munitions et 20% sont utilisés dans certains alliages d'acier pour améliorer l'usinabilité de l'acier. (RMC, 2010)

- Gaines de câbles** : le plomb est utilisé pour les câbles sous-marins et souterrains haute tension et câbles de télécommunications car il est imperméable. Actuellement, le plomb est principalement utilisé pour les câbles sous-marins, usage pour lequel il est encore majoritaire. (RMC, 2010)
- Produits laminés et extrudés** : ces produits servent essentiellement de matériaux de construction, notamment pour les toitures, comme accessoires de couverture (souches de cheminées, chenaux, recouvrement de balcons, 10 000 t/an), pour l'entretien et la rénovation des monuments historiques (env. 2 000 t/an en France), comme protection contre l'humidité ou comme matelas anti-vibration, de matériau d'insonorisation, particulièrement pour les basses fréquences (RMC, 2010)
- Alliages du plomb pour produits de soudure**, principalement la **litharge**, PbO , et le **minimum**, Pb_3O_4 , utilisés dans l'industrie de l'électronique. Les produits de soudures utilisés pour les circuits imprimés contiennent également 63% d'étain et 37% de plomb) (RMC, 2010)
- Le **carbonate basique de plomb** est utilisé comme constituant de **céramique vitreuse**, comme constituant de graisses lubrifiantes. Il entre dans la composition de peintures réfléchissant la lumière ultraviolette. (INERIS, 2003)
- Le **dioxyde de plomb** sert à la fabrication d'allumettes et de catalyseur pour certaines résines époxy. (INERIS, 2003)
- Ciments, mastics et céramiques peuvent contenir du **carbonate de plomb** (INERIS, 2003)

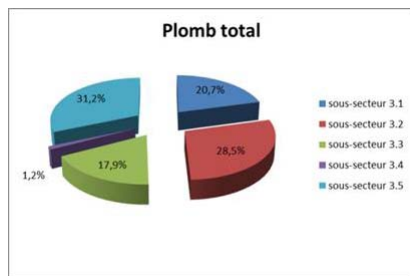
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) la somme des flux moyens formatés de plomb du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **6 714,3 g/j**, soit 6,7 kg/j (179 sites - 934 mesures - 12 flux supérieurs au seuil surveillance, 4 flux supérieurs au seuil réduction)

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante ;

- Sous secteur 3.1** : 37 sites (192 mesures - contributeur à 20,7% au flux du sect. 3). 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 au seuil réduction - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **266,5 g/j**
- Sous secteur 3.2** : 73 sites (372 mesures - contributeur à 28,5% au flux du sect. 3). 3 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **367,2 g/j**
- Sous secteur 3.3** : 32 sites (191 mesures - contributeur à 17,9% au flux du sect. 3). 5 flux supérieurs au seuil surveillance, 0 au seuil réduction - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **230,5 g/j**
- Sous secteur 3.4** : 13 sites (61 mesures - contributeur à 1,2% au flux du sect. 3). 0 flux supérieur aux seuils - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **15,18 g/j**
- Sous secteur 3.5** : 21 sites (118 mesures - contributeur à 31,2% au flux du sect. 3). 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 au seuil réduction - Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **402,5 g/j**

Répartition des flux en plomb dans les rejets du secteur 3 (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD
3.2 Installations de stockage DND

3.4 Lavage de citernes
3.5 Autres sites de traitement DND

3.3 UIOM

Note : le plomb ne fait pas partie des substances analysées systématiquement dans les rejets du sous-secteur 3.2, Les données ci-dessus ne sont donc pas représentatives des flux de plomb de l'ensemble de ce sous-secteur.

Le plomb est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011), en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (6,7 kg/j), le plomb est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

Sous-secteur 3.5 (Autres sites de traitement des DND) : 2 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **402,5 g/j**

Sous-secteur 3.2 (Installations de stockage DND) : 3 flux supérieurs au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **367,2 g/j** (bien que le plomb ne fasse pas partie des analyses systématiques de ce sous-secteur)

Sous secteur 3.1 (Regroupement, traitement, pré-traitement DD) : 1 flux supérieur au seuil surveillance, 1 flux supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **266,5 g/j**

Sous-secteur 3.3 (UIOM) : 5 flux supérieurs au seuil surveillance, aucun flux supérieur au seuil réduction. Total Flux Moyen Réglementaire formaté : **230,5 g/j**

Note : cette conclusion pourra être infirmée à la suite de l'ajout d'autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Présence dans l'environnement

Le plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère.

L'**acétate de plomb**, le **carbonate basique de plomb** (céruse) **n'existent pas à l'état naturel**. Leur présence dans l'environnement, uniquement anthropique, résulte de leur fabrication et des leurs différentes utilisations. (INERIS, 2003)

Compartiment atmosphérique

Dans l'air, les émissions de plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues d'importance mineure. **Les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques**, ils proviennent d'abord des industries de première et deuxième fusion du plomb, et au niveau urbain ou routier, des rejets des véhicules à moteur. Cependant depuis les deux dernières décennies, avec la disparition de la consommation de l'essence plombée, la pollution atmosphérique par le plomb a considérablement diminué. (INERIS, 2003)

Concentrations ubiquitaires : 0,1 ng/m³ (INERIS, 2003)

Eau

Les rejets aquatiques les plus importants proviennent de la sidérurgie. (INERIS, 2003)

Concentrations ubiquitaires : (INERIS, 2003) eaux douces de surface : 1 à 10 µg/l
pluie : <3 ng/l
mers : <50 ng/l

Sols /sédiments

Dans les sols, la présence de plomb est naturelle ou résulte des retombées atmosphériques et localement des déchets industriels solides provenant de l'extraction de minerai de plomb, du recyclage des batteries électriques ou de l'affinage de plomb. Dans les sols, la détérioration de la peinture à base de plomb recouvrant des surfaces peintes constitue également une source de pollution par le plomb. (INERIS, 2003)

Concentrations ubiquitaires : (INERIS, 2003) 5 à 60 mg/kg de poids sec

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du plomb dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

01 - Déchets d'exploration et d'exploitation des mines et carrières et du traitement physique et chimique des minéraux

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Métaux associés aux déchets de forage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
- 01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure
- 01 03 05* autres stériles contenant des substances dangereuses

- 01 03 07* autres déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
- 01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
- 01 04 07* déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
- 01 05 Boues de forage et autres déchets de forage
- 01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des substances dangereuses

03 - Bois – Papiers, cartons

- Métaux présents sous forme de pigments dans les produits de finition de panneaux et de meubles

06 - Déchets des procédés de la chimie minérale

- Métaux lourds présents dans certains sels
- As, Hg et autres métaux présents des certains déchets contenant des métaux
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
- 06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds
- 06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds
- 06 04 Déchets contenant des métaux autres que la section 06 03
- 06 04 05* déchets contenant d'autres métaux lourds
- 06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
- 06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst dangereuses
- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
- 06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

08 – Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- Sels de plomb présents dans certains déchets de décapage de peinture
- Certains métaux présents dans des toners d'impression (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
- 08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
- 08 01 13* boues de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
- 08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis
- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
- 8 03 17* déchets de toner d'impression contenant des substances dangereuses

10 – Déchets provenant de procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
- 10 01 02 cendres volantes de charbon
- 10 03 Déchets de la pyrométallurgie de l'aluminium
- 10 03 08* scories salées de production secondaire
- 10 03 09* crasses noires de production secondaire
- 10 03 21* autres fines et poussières (dont fines de broyage de crasses) contenant des substances dangereuses
- 10 03 29* déchets du traitement des scories salées et des crasses noires contenant des substances dangereuses
- 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
- 10 04 01* scories provenant de la production primaire et secondaire
- 10 04 02* crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
- 10 04 04* poussières de filtration des fumées
- 10 04 05* autres fines et poussières
- 10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
- 10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 05 Déchets provenant de la pyrométallurgie du zinc
- 10 05 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
- 10 05 03* poussières de filtration des fumées
- 10 05 05* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
- 10 05 06* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 06 Déchets provenant de la pyrométallurgie du cuivre
- 10 06 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
- 10 06 02 crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
- 10 06 03* poussières de filtration des fumées
- 10 06 04 autres fines et poussières
- 10 06 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
- 10 06 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 11 Déchets provenant de la fabrication du verre et des produits verriers
- 10 11 11* petites particules de déchets de verre et poudre de verre contenant des métaux lourds (par exemple, tubes cathodiques)

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
- 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)

- 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière de la coïncinération contenant des substances dangereuses
 10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération avec des substances dangereuses
 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des substances dangereuses
 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières avec subst. dangereuses
 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
 10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
 10 02 02 laitiers non traités
 10 02 07* déchets solides issus de l'épuration des fumées avec des substances dangereuses
 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
 10 02 11* déchets de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que 10 02 11
 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
 10 04 Déchets provenant de la pyrométallurgie du plomb
 10 04 09* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
 10 04 10 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 04 09
 10 04 99 déchets non spécifiés ailleurs
 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
 10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
 10 09 11* autres fines contenant des substances dangereuses
 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
 10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
 10 10 11* autres fines contenant des substances dangereuses

11 – Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 11 02 Déchets provenant des procédés hydrométallurgiques des métaux non ferreux
 11 02 02* boues provenant de l'hydrométallurgie du zinc (dont jarosite et goethite)

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
 11 01 05* acides de décapage
 11 01 06* acides non spécifiés ailleurs
 11 01 07* bases de décapage

- 11 01 08* boues de phosphatation
 11 01 09* boues et gâteaux de filtration contenant des substances dangereuses
 11 01 10 boues et gâteaux de filtration autres que la rubrique 11 01 09
 11 01 11* liquides aqueux de rinçage contenant des substances dangereuses
 11 01 15* éluats et boues des systèmes à membrane et d'échange d'ions contenant des substances dangereuses
 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées

13 – Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chapitres 05, 12 et 19)

- Métaux et HAP présents dans des huiles moteurs

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées
 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

15 – Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 – Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- Métaux, BTEX, diphenyléther polybromés présents dans des VHU
- Métaux, BTEX présents dans des filtres à huile
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Plomb dans les accumulateurs au plomb
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 16 06 Piles et accumulateurs
 16 06 01* accumulateurs au plomb

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (dont machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chap. 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
 16 01 04* véhicules hors d'usage
 16 01 06 véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
 16 01 07* filtres à huile
 16 01 18 métaux non ferreux

- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
 - 16 02 13* équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que 16 02 09 à 16 02 12
 - 16 02 15* composants dangereux retirés des équipements mis au rebut
- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 07* produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 06 Piles et accumulateurs
 - 16 06 06* électrolyte de piles et accumulateurs collectée séparément
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des substances dangereuses

17 – Déchets de construction et démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- Tubes fluorescents contenant du mercure (Hg)
- Peintures au plomb (Pb)
- Tuyaux en plomb (Pb)
- Divers polluants métalliques, organiques et minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 17 04 Métaux (dont leurs alliages)
- 17 04 03 plomb

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 17 01 Béton, briques, tuiles et céramiques
 - 17 01 06* mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles et céramiques contenant des substances dangereuses
- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 - 17 05 03* terres et cailloux contenant des substances dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des substances dangereuses
- 17 08 Matériaux de construction à base de gypse
 - 17 08 01* matériaux de construction à base de gypse contaminés par des substances dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
 - 17 09 03* autres déchets de construction et de démolition (dont en mélange) contenant des substances dangereuses

19 – Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés

- Métaux des cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
 - 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
 - 19 01 11* mâchefers contenant des substances dangereuses
 - 19 01 13* cendres volantes contenant des substances dangereuses
 - 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des substances dangereuses
 - 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des substances dangereuses
 - 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
 - 19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
 - 19 01 13* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
 - 19 02 04* déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
 - 19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des substances dangereuses
- 19 03 Déchets stabilisés/solidifiés
 - 19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement stabilisés
 - 19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés
- 19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification
 - 19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée
- 19 05 Déchets de compostage
 - 19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés
- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
 - 19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
 - 19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
 - 19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds
- 19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux
 - 19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des substances dangereuses
 - 19 10 05* autres fractions contenant des substances dangereuses
- 19 12 Déchets du traitement mécanique des déchets (ex, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs

- 19 12 11* autres déchets (dont mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des substances dangereuses
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
 - 19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 03* boues provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
 - 19 13 05* boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
 - 19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses

20 – Déchets municipaux (déchet ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- Métaux dans des acides usés
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément
- Métaux dans des équipements électriques et électroniques collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues
- Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure
- Lumières d'urgence et détecteurs de fumées (Cd, Pb)

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 33* piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 et 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant ces piles

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 14* acides
 - 20 01 21* tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure
 - 20 01 27* peinture, encres, colles et résines contenant des substances dangereuses
 - 20 01 35* équipements électriques et électroniques mis au rebut contenant des composants dangereux, autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21 et 20 01 23

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

ECHANTILLONNAGE

NF EN ISO 5667-3 : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (juin 2004)

Domaine d'application : cette méthode donne les principes généraux sur les précautions à prendre pour la conservation et le transport des échantillons d'eau ponctuels et composites, vers un laboratoire d'analyses.

Principe : cette méthode indique le meilleur flaconnage et stabilisant préconisé pour chaque paramètre. Les machines et matériels ne doivent pas comporter de parties susceptibles d'introduire de contaminants.

Interférences : se méfier de tout contaminant pouvant gêner l'analyse du paramètre à mesurer.

Les méthodes suivantes concernent le plomb et ses composés qui seront toujours dosés sous la forme plomb

EAUX DE SURFACE (AQUAREF, 2010)

Prélèvements et conditionnement

Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever.

Éviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoir, louches, etc...) pour le remplissage des flacons.

Rincer le matériel de prélèvement et les flacons trois fois avec l'eau à prélever.

Maintenir l'échantillon au frais après le prélèvement.

Bannir les matériaux pigmentés pour le système de prélèvement (matériaux non inertes)

Privilégier les matériaux en plastique (PEBD, PP) ou téflon (FEP, PFA)

Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage)

Flaconnage destiné à l'analyse :

Vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre. Un contrôle des flacons (blanc de flaconnage) doit être réalisé par les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot.

Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon (PFA).

Bannir les matériaux pigmentés pour le système de prélèvement (matériaux non inertes)

Prétraitement et transport :

Filtration obligatoire à 0,45 µm (à réaliser de préférence sur site si le personnel a suivi une formation adéquate ou à défaut, au laboratoire dans les 24 H suivant le prélèvement)

Si la filtration est effectuée sur site : Stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée après filtration et transport au laboratoire

Si la filtration n'est pas effectuée sur site : voir plus bas

Transport en glacière à 5±3°C dans les 24 H après le prélèvement

Extraction / préparation

Prétraitement

Filtration à 0,45 µm, si non réalisée sur le terrain.

Stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée "pour analyse de traces" (1<pH<2) après la filtration.

Conservation

Les échantillons peuvent être conservés au minimum 1 mois à température ambiante après filtration et stabilisation.

Dosage

Méthodes de dosage :

ICP-MS, GF-AAS, AAS-Flamme (méthode après complexation - extraction) : NQ/3 possible à atteindre (dans des eaux de surface)

AAS-Flamme (méthode directe) : NQ/3 impossible à atteindre (dans des eaux de surface)

METHODES DE DOSAGE

Note : Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée. Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH <2). Par ailleurs, il faut veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon. (INERIS, 2003)

Il est possible de doser le plomb sous trois formes : (INERIS, 2003)

- ✓ Le plomb dissous, il se retrouve dans la phase liquide du prélèvement d'eau qui est récupérée après filtration sur membrane de porosité 0,45 µm.
- ✓ Le plomb particulaire, il se retrouve sur le filtre de porosité 0,45 µm, et il est dosé après attaque acide du filtre.
- ✓ Le plomb total, il est obtenu en faisant la somme des dosages du plomb dissous et du plomb particulaire; il est cependant possible d'effectuer l'analyse de l'élément total en procédant à une digestion appropriée de l'eau (sans l'avoir filtrée au préalable)

FD T 90-112 (1998) (Qualité de l'eau) - Dosage de 8 éléments métalliques (Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Pb) par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme (AAS-Flamme)

LQ : 100 µg/l (méthode directe) **et 3 µg/l** (méthode après complexation-extraction) (AQUAREF, 2010)

NQ/3 possible à atteindre mais uniquement avec la méthode après complexation-extraction. (AQUAREF, 2010)

FD T 90-119 Qualité de l'eau – Dosage d'éléments minéraux (Al, Sb, Ag, As, Ba, Co, Cu, Sn, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V) par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique (juillet 1998)

Domaine d'application : La norme fournit des recommandations générales pour le dosage de plusieurs éléments minéraux par absorption atomique avec atomisation électrothermique. Elle concerne essentiellement les eaux brutes, les eaux souterraines et les eaux potables. Elle concerne des eaux ayant une minéralisation totale inférieure à 1 500 mg/l. Pour le plomb, le domaine de validité se situe entre 2 et 50 µg/l.

Principe : L'échantillon est injecté dans le four d'un spectromètre d'absorption atomique avec atomisation électrothermique. Les mesures d'absorbance sont réalisées à 283,3 ou 217,0 nm.

NF EN ISO 15586 (2004) - (Qualité de l'eau) Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (GF-AAS)

Domaine d'application : La norme décrit une méthode de dosage par spectrométrie d'absorption atomique four graphite pour plusieurs éléments (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn) dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les **eaux de rejets**, les eaux potables et les sédiments. Cette méthode permet d'atteindre de faibles concentrations.

Principe : L'échantillon est injecté dans le four d'un spectromètre d'absorption atomique avec atomisation électrothermique. Les mesures d'absorbance sont réalisées à 232 nm en utilisant le Mg(NO₃)₂ comme modifiant de matrice.

Certaines solutions comme les eaux de rejets ou la digestion des éléments peuvent contenir une grande quantité de substances pouvant affecter les résultats. Une concentration élevée en chlorures peut rendre certains éléments plus volatils et occasionner des pertes pendant l'étape de pyrolyse. Il est conseillé d'utiliser des tubes pyrolytiques, des plates-formes, des modifiants de matrice, la technique des ajouts dosés ou une correction de fonds pour minimiser ces effets.

LQ : 1 à 3 µg/l (AQUAREF, 2010)

NQ/3 possible à atteindre (AQUAREF, 2010)

NF EN ISO 15587-1 et -2 : Qualité de l'eau – Digestion pour la détermination de certains éléments dans l'eau (mai 2002)

Domaine d'application : Cette méthode permet d'extraire des éléments traces dans une eau en utilisant l'eau régale (partie 1 de la norme) ou l'acide nitrique (partie 2 de la norme) comme agent de digestion. Elle est applicable à tous les types d'eaux dont la concentration massique en solides en suspension est inférieure à 20 g/l et la concentration massique en COT, exprimée en carbone est inférieure à 5 g/l.

Principe : La prise d'essai est digérée avec de l'eau régale à une température définie. Elle doit au moins atteindre la température d'ébullition de 103°C et ne pas dépasser 175°C. Au point d'ébullition, la durée minimale nécessaire à la libération de la fraction digestible est de 2 heures. La digestion peut se faire dans différents systèmes de chauffage (chauffage électrique, micro-onde système ouvert, micro-onde système fermé ou autoclave système fermé).

NF EN ISO 11885 (1998) - (Qualité de l'eau) Dosage d'éléments choisis par spectrométrie d'émission optique avec plasma induit haute fréquence (ICP-AES) (mars 1998)

Domaine d'application : La norme prescrit une méthode de dosage pour 33 éléments (totaux, dissous ou particulaires) dans les eaux brutes, potables ou résiduaires. La limite de détection pour le plomb se situe à 0,2 mg/l pour la longueur d'onde 220,35 nm et à 0,07 mg/l à 283,3 nm. Le choix des longueurs d'onde dépend de la matrice car il existe plusieurs types d'interférences pouvant conduire à des inexactitudes dans le dosage des éléments à l'état de traces. Pour remédier à ces problèmes d'interférences, il est possible, soit de réaliser un balayage en longueur d'onde pour détecter toute éventuelle interférence spectrale possible, soit de compenser les interférences dues au bruit de fond par une correction du bruit de fond adjacente à la raie analytique.

Dans le cas du plomb, les **éléments interférents** signalés sont l'Al, le Co et le Ti pour la longueur d'onde 220,353 nm.

Principe : Cette méthode consiste à mesurer l'émission atomique par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission des raies caractéristiques sont dispersés par un réseau et l'intensité des raies est mesurée par un détecteur.

LQ : 5 à 20 µg/l (AQUAREF, 2010)

NQ/3 possible à atteindre (AQUAREF, 2010)

Projet ISO/CD 17291-1 : Qualité de l'eau - Détermination de 61 éléments par ICPMS (décembre 2001)

Domaine d'application : La norme décrit une méthode de dosage pour 61 éléments dans les eaux potables et relativement peu chargées. Elle peut s'étendre aux boues et sédiments après digestion en tenant compte des interférences possibles. Dans les eaux potables et relativement peu polluées, les limites de dosage pour la plupart des éléments se situent entre 0,1 et 1 µg/l. Les limites peuvent être plus élevées en présence d'interférent ou d'effet mémoire.

Il existe deux types d'interférences :

- Les interférences spectrales : aucune n'est signalée dans le cas du plomb.
- Les interférences non spectrales qui proviennent des différentes propriétés physiques des solutions (matrice, viscosité) qui ont tendance à avoir un effet sur le signal. Dans ce cas elles peuvent être corrigées en utilisant un étalon interne ou en diluant l'échantillon. Elles peuvent également provenir de la salinité de la solution ou des résidus de l'échantillon qui ont tendance à créer un effet mémoire, d'où la nécessité d'utiliser des contrôles avec des blancs de solution.

Principe : Cette méthode consiste à mesurer les ions par un spectromètre de masse après nébulisation dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément à doser.

NF EN ISO 17294-2 (2005) - (Qualité de l'eau) Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) - Partie 2 : Dosage de 62 éléments

LQ : 0,1 µg/l (AQUAREF, 2010)
NQ/3 possible à atteindre (AQUAREF, 2010)

AUTRES METHODES D'ANALYSES**ISO 8288 : Qualité de l'eau – Dosage du cobalt, nickel, cuivre, zinc, cadmium et plomb – Méthodes par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (mars 1986)**

Des méthodes d'analyse du plomb dans les eaux et d'autres matrices sont accessibles à partir d'une base de données dédiée à la spéciation. <http://www.speciation.net/Database/Links/all-about-lead.html>

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Produits de substitution et changement de process dans les industries du secteur des déchets**

Le plomb (et composés) n'entre pas dans les réactifs utilisés dans les process des industries du secteur des déchets. Aucune substitution ou changement de process n'a été identifié.

Changement de process dans les autres secteurs industriels

- **Fusion du verre / Cristallerie / Autres industries du verre**

Le plomb est remplacé par des oxydes de baryum, de potassium ou de zinc : dans le cristal, d'après le BREF verreries, l'oxyde de plomb peut être remplacé, en partie ou totalement par ces oxydes. Cela donne ce que l'on appelle du cristallin, celui-ci a cependant, une densité et une brillance moindre que le cristal. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

- **Fabrication d'accumulateurs et de piles**

Il n'existe pas véritablement de produit de substitution convenable pour les batteries plomb-acide utilisées dans les voitures et comme générateurs électriques d'urgence (RMC, 2010)

- **Fabrication de pigments / Industries du plastique**

Le plomb peut être remplacé par du calcium/zinc comme stabilisants pour PVC et autres pigments. Des stabilisants calcium/zinc peuvent, dans certains cas, remplacer le plomb mais à des coûts plus élevés et pour certaines applications, avec une efficacité réduite. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

- **Secteur Fonderie de métaux ferreux**

D'après le BREF Métaux ferreux (p257), les principales bonnes pratiques pour les bains au plomb sont les suivantes : Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

- maintenir une couche protectrice ou couverture sur le bain ou plomb pour minimiser les pertes de plomb par oxydation et réduire drastiquement les pertes énergétiques du bain de plomb;
- éviter la formation de poussières lorsque l'on retire les impuretés du bain au plomb;
- garder les contenants contenant des déchets contaminés au plomb dans un endroit séparé et protéger cet endroit de la pluie et du vent;
- minimiser les pertes par entraînement du plomb avec le fil.

- **Autres secteurs**

Dans les munitions, le plomb peut être remplacé par du "bismuth-tin" (RMC, 2010)

Dans la production de laiton pour la fabrication de robinets et autres jointures de "plomberie sans plomb", le plomb peut être remplacé par du séléniure de bismuth. (RMC, 2010)

Pour les alliages utilisés dans les soudures des circuits imprimés, des substituts ont été développés, alliages d'étain avec de l'argent, du cuivre et/ou du bismuth. Ces alliages occasionnent toutefois un surcoût. (RMC, 2010)

Dans les fabrications de gaines de câbles, le plomb peut être remplacé par du polyéthylène et du PVC. (RMC, 2010)

Adsorption sur charbon actif

L'affinité du charbon actif vis-à-vis du plomb est moyenne. En effet, la formation de ligands entre la matière organique adsorbée ou en solution et les ions métalliques peut permettre un accroissement de l'abatement de la pollution métallique sous la forme de complexes, de biosorption. (w8000, 2007). Cette technique n'est cependant pas le procédé le plus couramment utilisé pour l'élimination des métaux.

Selon le projet AMPERES un traitement final par charbon actif a permis d'atteindre des rendements supérieurs à 70% (Choubert, et al., 2011).

Traitement des eaux usées par précipitation

Les effluents aqueux peuvent contenir du plomb en cas d'utilisation d'eau de rinçage ou d'un système de traitement des gaz résiduels par voie humide. Dans ces cas, l'effluent liquide doit être traité par précipitation des métaux lourds, neutralisation et filtration sur sable. On peut ainsi atteindre des concentrations en métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) inférieures à 0,1 mg/l. Note fiabilité : 3 (RMC, 2010)

Traitement des eaux usées par Coagulation, Floculation, Décantation

Le BREF verreries identifie plusieurs techniques pour réduire la présence de plomb dans les effluents aqueux: traitement physico-chimiques (tamisage, écumage, décantation, centrifugation, filtration) (RMC, 2010)

Afin d'atteindre des seuils de rejets plus faibles en métaux lourds des produits utilisant le TMT (ou de dithiocarbamate, etc.) sont de plus en plus souvent utilisés. Ces produits insolubilisant ou précipitant de métaux lourds trouvent naturellement leurs utilités dans les installations d'incinération. L'ajout de faibles quantités d'insolubilisant dans l'installation de traitement des eaux de lavage des fumées permet de précipiter avec assurance et d'éliminer les liaisons complexes de plomb. (REX ARCADIS)

Traitement membranaire des eaux usées

Cette technique peut donner de bons résultats si elle est poussée jusqu'à l'osmose (RMC, 2010).

Procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique

Le BREF verreries identifie un certain nombre de techniques pour réduire la présence de plomb dans les effluents aqueux: traitement biologique (boues activées bio-filtration, neutralisation, aération, précipitation, coagulation et floculation) (p13 BREF verreries)

Traitement par bioréacteur à membrane (Choubert, et al., 2011)

Le projet AMPERES a montré que le rendement d'élimination du Mercure par bioréacteur à membrane est supérieur à 70%. Rendement moyen de 73 % sur 6 points de mesures.

Traitement combiné

Selon le projet AMPERES des rendements supérieurs à 70% peuvent être obtenus pour les procédés de traitement secondaires suivants :

- ✓ Décantation primaire + boues activées moyenne charge
- ✓ Décantation primaire physico-chimique + bio filtre 1^{er} étage
- ✓ Décantation primaire + boues activées moyenne charge + bio filtre 1^{er} étage
- ✓ Décantation primaire + MBBR (procédés à culture fixée sur support mobile)
- ✓ Décantation primaire + boues activées aération prolongée
- ✓ Biodisque + filtre écoulement vertical
- ✓ Lit bactérien + filtre écoulement vertical
- ✓ Décantation primaire + lagune + filtre écoulement vertical

REFERENCES

AQUAREF Plomb [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - <http://www.aquaref.fr>.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

directive cadre européenne 2002/95/EC [Section]. - 27 janvier 2003.

INERIS Les substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 611 pages. - En ligne : . - n°DRC-07-82615-13836C.

INERIS Plomb [En ligne] = Données technicoéconomiques sur les substances chimiques en France // Portail Substances Chimiques. - 2005. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php?token=af0117fa79a6d710b52cd698f3af72f2ac9f2070. - 57 pages.

INERIS Plomb et ses dérivés - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2003. - <http://www.ineris.fr/substances/fr>. - 90 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

ZINC ET SES COMPOSES

DESCRIPTIF**Synonymes** : - -**Formule semi-développée** : Zn**N° CAS** : 7440-66-6

Famille : métaux lourds
métaux de transition
métaux non ferreux

Propriétés physico-chimiques :

Rayon atomique : 135 - 143 pm (S. Pereck, 2001) **Niveau d'oxydation** : 2 (S. Pereck, 2001)
Masse atomique : 65,39 g/mol (S. Pereck, 2001) 65,41 (ECHA) 65,37-65,39 (INERIS, 2005)
Solubilité dans l'eau : insoluble (<0,1 mg/l) (ECHA)
Pression de vapeur : 0,133 kPa à 487°C (RMC, 2010)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Réagit avec les acides et les alcalins (S. Pereck, 2001)
- Attaqué lentement par l'acide sulfurique ; la présence d'agents oxydants ou d'ions métalliques (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+}) accélèrent les réactions. Réagit lentement avec l'ammoniaque et l'acide acétique et rapidement en milieu alcalin pour former des complexes hydroxylés de $(\text{Zn}_2)\text{O}^{2-}$ (TOXNET)
- La réaction entre le zinc et le sélénium ou le tellure, et dans une moindre mesure le cadmium s'accompagne d'incandescence ; même réaction avec le disulfure de carbone (TOXNET)
- Emet des fumées toxiques d'oxyde de zinc lorsqu'il est chauffé (tp° pas précisée) (TOXNET)
- Se couvre de carbonate de zinc basique à l'humidité atmosphérique (TOXNET)
- Le zinc attaqué par le CO_2 et le SO_2 se couvre de carbonates hydratés basiques de composition variable. H_2O_2 peut être formé pendant la réaction (TOXNET)
- L'acétate de zinc réagit avec des élastomères utilisés dans des pompes, de type polyuréthane, néoprène, Buna-N[®], Viton[®], et avec des métaux tels que l'aluminium, la fonte, l'inox.⁵²⁶

Toxicité et écotoxicité :

NQE-MA⁵²⁷ : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE) **NQE-CMA**⁵²⁸ : absence de donnée

NQEprovisoire milieu aquatique : Circulaire du 07/05/07⁵²⁹
bruit de fond géochimique + 3,1 µg/l dureté <24 mg CaCO_3 /l
bruit de fond géochimique + 7,8 µg/l dureté >24 mg CaCO_3 /l

LQ circ 05/01/09 = 10 µg/l

Note : NQE / LQ compatibles

Remarque : **LQ = 0,6 µg/l** (dureté <24mg/l CaCO_3) - basé sur NQE/5 (Ghestem, et al., 2008)

LQ = 1.5 µg/l (dureté >24mg/l CaCO_3) - basé sur NQE/5 (Ghestem, et al., 2008)⁵³⁰

PNCE chronique eau douce : 7,8 µg/L (INERIS, 2010)

Occurrence du zinc dans les rejets des industries du secteur des déchets**(RSDE 2 - campagne en cours - données novembre 2011)**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011), la somme des flux moyens formatés⁵³¹ du secteur 3 (pour les sites dont le calcul est retenu) est de **6 714 g/lj** (202 sites - 1 086 mesures - 9 flux supérieurs au seuil surveillance, 14 supérieurs au seuil réduction).

Le zinc est une substance d'intérêt pour les sous secteurs 3.1, 3.2, 3.3, et 3.5,

Le zinc est analysé systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5.

Traitabilité⁵³²

Le zinc est une substance minérale naturelle non susceptible d'être détruite par un traitement. Dans les effluents, le zinc peut être éliminé par charbon activé ou éventuellement par traitement biologique avec transfert du polluant vers les boues

526 <http://www.techniquesfluides.fr/download/Guide%20de%20compatibilite%20chimique.pdf>

527 NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

528 NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

529 Circulaire du 07/05/07 définissant les normes de qualité environnementale provisoires (NQE) - publié au BO du MEEDDM n° 2007-15 du 15 août 2007 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.2715

530 Dans la référence originale (p. 30), dans les deux cas, on lit "<24mg/l CaCO_3 " - ce qui a été modifié.

531 Les "flux moyens réglementaires formatés" correspondent à la somme des flux retenus (validés) de chaque établissement d'un sous-secteur donné

532 Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

DESCRIPTIF - COMPOSES DU ZINC

La liste ci-dessous n'est pas exhaustive, il existe de nombreux autres composés du zinc, tant organiques que minéraux.

<u>Nom</u>	<u>synonymes</u>	<u>Formule</u>	<u>n° CAS</u>
Poudre de zinc pyrophorique		Zn	7440-66-6
chlorure de zinc	Zinc (II) chloride	ZnCl ₂	7646-85-7
oxyde de zinc		ZnO	7646-85-7
phosphate de zinc	zinc orthophosphate phosphoric acid, zinc salt	Zn ₃ (PO ₄) ₂	7779-90-0/1314-84-7
sulfate de zinc	sulphuric acid, zinc salt	ZnSO ₄	7733-02-0
nitrate de zinc		Zn(NO ₃) ₂	7779-88-6
borate de zinc		B ₂ O ₉ Zn ₃	10361-94-1
chlorure de zinc		Zn Cl ₂	7646-85-7
carbonate basique de zinc		C ₂ H ₆ O ₁₂ Zn ₅	5263-02-5
chromate de zinc		CrO ₄ H ₂ Zn	13530-65-9
bromure de zinc		B ₂ Zn	7899-45-8
zinc ammonium sulfate		Zn(SO ₄) ₂ (NH ₄) ₂	7783-24-6
arsénate de zinc		As ₄ O ₁₅ 5Zn	1303-39-5
cyanure de zinc		C ₂ N ₂ Zn	557-21-1
zinc diméthyle	methylzinc	C ₂ H ₆ Zn	544-97-8
zinc diéthyle	diethylzinc	C ₄ H ₁₀ Zn	557-20-0
distéarate de zinc	stéarate de zinc	Zn(C ₁₈ H ₃₅ O ₂) ₂ ⁵³³	557-05-1
acétate de zinc		C ₄ H ₆ O ₄ Zn	557-34-6
zinc bis diméthyl-dithiocarbamate	ziram	C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄ Zn	137-30-4
zinc éthylène bis(dithiocarbamate)	zinèbe	C ₄ H ₈ N ₂ S ₄ Zn	12122-67-7
zinc bis(dibutyl-dithiocarbamate)	ZBC	C ₁₈ H ₃₆ N ₂ S ₄ Zn	136-23-2
zinc bis(diéthyl-dithiocarbamate)		C ₁₀ H ₂₀ N ₂ S ₄ Zn	14324-55-1
zinc (S)-3-oxydopropionate		C ₃ H ₆ O ₃ Zn	6155-68-6
zinc bis (octylphénolate)		C ₂₈ H ₄₂ O ₂ Zn	84878-49-9
zinc bis (p-nonylphénolate)		C ₃₀ H ₄₆ O ₂ Zn	74230-03-8
zinc bis (pentachlorophénolate)		C ₁₂ Cl ₁₀ O ₂ Zn	2917-32-0

Propriétés physico-chimiques de quelques composés du zinc :

	<u>n° CAS</u>	<u>Masse molaire (g/mol)</u>	<u>Solubilité dans l'eau - mg/l</u>
chlorure de zinc	7646-85-7	136,27- 136,30 (INERIS, 2005)	4,32*10 ⁻¹⁶ à 25°C (INERIS, 2005)
oxyde de zinc	7646-85-7	81,37-81,39 (INERIS, 2005)	1,6 à 29°C (INERIS, 2005)
phosphate de zinc	7779-90-0	386,11 (INERIS, 2005)	insoluble (INERIS, 2005)
sulfate de zinc	7733-02-0	161,45 (INERIS, 2005)	2,2*10 ⁻⁵ à 20°C (INERIS, 2005)
distéarate de zinc	557-05-1	632,34 (INERIS, 2005)	0,9 à 20°C (INERIS, 2005)

⁵³³ Dans la version de 2005 du document INERIS, la formule est Zn(C₈H₃₅O₂)₂, que nous avons remplacée par Zn(C₁₈H₃₅O₂)₂

REGLEMENTATION

Le zinc ne fait pas partie de la liste de substances très préoccupantes candidates (ECHA)

Le zinc ne fait pas partie de la liste de substances soumises à restriction (ECHA)

- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE⁵³⁴**

	<u>Catégorie de danger</u>	<u>Codes danger</u>	<u>Dangers</u>
Zinc poudre (pyrophorique)	Water-react. 1 Pyr. Sol. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H260 H250 H400 H410	Dégage, au contact de l'eau, des gaz inflammables S'enflamme spontanément au contact de l'air Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Poudre de zinc stabilisée	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Chlorure de zinc	Acute Tox. 4 Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H400 H410	Nocif en cas d'ingestion Graves brûlures de la peau et lésions oculaires Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Oxyde de zinc	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Orthophosphate de zinc	Water-react. 1 Acute Tox. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H260 H300 H400 H410	Dégage, au contact de l'eau, des gaz inflammables Mortel en cas d'ingestion Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Sulfate de zinc (anhydre & hydraté)	Acute Tox. 4 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H318 H400 H410	Nocif en cas d'ingestion Provoque des lésions oculaires graves Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Chromates de zinc, y compris chromates de zinc et de potassium	Carc. 1A Acute Tox. 4 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H317 H400 H410	Peut provoquer le cancer Nocif en cas d'ingestion Peut provoquer une allergie cutanée Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Ziram (zinc bis dimethyldithiocarbamate)	Acute Tox. 2 Acute Tox. 4 STOT RE 2 STOT SE 3 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H302 H373 H335 H318 H317 H400 H410	Mortel par inhalation Nocif en cas d'ingestion Risque d'effets graves pour les organes Peut irriter les voies respiratoires Provoque des lésions oculaires graves Peut provoquer une allergie cutanée Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1 Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
Zineb zinc éthylène bis(dithiocarbamate) (polymère)	STOT SE 3 Skin Sens. 1	H335 H317	Peut irriter les voies respiratoires Peut provoquer une allergie cutanée

⁵³⁴ <http://www.ineris.fr/gesdoc/aida/file/text/7075.pdf>

Règlement n° 1272/2008/CE - annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement⁵³⁵ - suite

	Catégorie de danger	Codes danger	Dangers
zinc bis(dibutyl-dithiocarbamate)	Eye Irrit. 2	H319	Provoque une sévère irritation des yeux
	STOT SE 3	H335	Peut irriter les voies respiratoires
	Skin Irrit. 2	H315	Provoque une irritation cutanée
	Skin Sens. 1	H317	Peut provoquer une allergie cutanée
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
zinc bis(diéthyl-dithiocarbamate)	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
	Acute Tox. 4	H302	Nocif en cas d'ingestion
	Eye Irrit. 2	H319	Provoque une sévère irritation des yeux
	STOT SE 3	H335	Peut irriter les voies respiratoires
	Skin Irrit. 2	H315	Provoque une irritation cutanée
Zinc diméthyle	Skin Sens. 1	H317	Peut provoquer une allergie cutanée
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
	Pyr. Liq. 1	H250	S'enflamme spontanément au contact de l'air
	Water-react. 1	H260	Dégage, au contact de l'eau, des gaz inflammables
Zinc diéthyle	Skin Corr. 1B	H314	Graves brûlures de la peau et lésions oculaires
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
	Pyr. Liq. 1	H250	S'enflamme spontanément au contact de l'air
	Water-react. 1	H260	Dégage, au contact de l'eau, des gaz inflammables
Diamine-diisocyanate de zinc	Skin Corr. 1B	H314	Graves brûlures de la peau et lésions oculaires
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
	Acute Tox. 4	H302	Nocif en cas d'ingestion
	Eye Dam. 1	H318	Provoque des lésions oculaires graves
bis (3,5-di-tert-butylsalicylato-O ¹ ,O ²) zinc	Resp. Sens. 1	H334	Peut provoquer des symptômes par inhalation
	Skin Sens. 1	H317	Peut provoquer une allergie cutanée
	Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pr milieu aquat. -Danger aigu, cat. 1
	Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pr milieu aquat. -Danger chroniq., cat. 1
	Flam. Sol. 1	H228	Matière solide inflammable
hydroxy (2-(benzène-sulfonamide) benzoate) de zinc(II)	Acute Tox. 4	H332	Nocif par inhalation
	Aquatic Chronic 2	H411	Toxique pour les organismes aquatiques, effets à long terme

- **Classification selon le règlement n° CE/1907/2006 du parlement Européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH)⁵³⁶**

- Le zinc métal n'est pas concerné
- Les autres sels de zinc ne sont pas concernés (chlorure, oxyde, phosphate, sulfate)

Pour information : Statut - chromates de zinc : cancérigènes cat 1
(Remarque : il s'agit de dérivés du chrome VI)

⁵³⁵ <http://www.ineris.fr/gesdoc/aida/file/text/7075.pdf>

⁵³⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008) modifié par l'arrêté du 26 novembre 2008 (JO n°283 du 5 décembre 2008)**

- Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 100 kg/an⁵³⁷

- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁵³⁸**

- Annexe 1 : le zinc fait partie des substances dangereuses à rechercher dans les sous secteurs suivants des activités de traitement et de stockage des déchets :

- 3.1 - Regroupement, prétraitement, ou traitement des déchets dangereux (**Zn & composés**)
- 3.2 - Installations de stockage de déchets non dangereux (**Zn**)
- 3.3 - Unités d'incinération d'ordures ménagères (**Zn & composés**)
- 3.4 - Lavage de citernes (**Zn & composés**)
- 3.5 - Autres sites de traitement des déchets non dangereux (**Zn**)

- L'annexe 5.2 définit une limite de quantification à respecter par les laboratoires d'analyses : 10 µg/L

- **Arrêté du 07/12/07 établissant la liste des substances prioritaires ainsi que la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses⁵³⁹** : le zinc (sulfate de zinc) fait partie de la liste des substances prioritaires - dangereuses pour l'environnement

- **Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵⁴⁰**

- Le zinc n'apparaît pas dans ce texte

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le zinc est une substance minérale naturelle qui n'est pas susceptible de néoformation dans les procédés de stockage et de traitement des déchets.

Dans la nature, le zinc n'est jamais rencontré à l'état libre, mais en général à l'état d'oxydation +2, et le plus souvent sous la forme d'oxyde de zinc ou de sulfate de zinc. (TOXNET)

⁵³⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁵³⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁵³⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1227

⁵⁴⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

PRODUCTION / UTILISATION

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende), accessoirement sous d'autres formes telles que la smithsonite ($ZnCO_3$), l'hémimorphite ($Zn_4[(OH)_2Si_2O_7] \cdot H_2O$), ou l'hydrozincite ($Zn_5(OH)_6(CO_3)_2$). (INERIS, 2005)

Le zinc est naturellement présent dans des minerais, mais à des concentrations trop faibles pour pouvoir être raffinés directement, il doit au préalable être concentré par différents procédés. (TOXNET). Le zinc provient également des minerais de plomb dans lesquels il est toujours associé au cadmium. (INERIS, 2005)

Synthèse / production**Production du zinc**

Le zinc est produit principalement suivant un **procédé hydrométallurgique** comportant 4 étapes : l'enrichissement et grillage du minerai, l'extraction du zinc soluble par fusion et lessivage du concentrat à l'acide sulfurique, la purification, et enfin le raffinage électrolytique. (INERIS, 2005)

Il peut aussi être produit suivant un **procédé pyrométallurgique** dans lequel le minerai est préalablement grillé. L'oxyde de zinc ainsi formé combiné à du coke ou du charbon à environ 1 100 °C donne naissance à du zinc métal. (INERIS, 2005)

Production des composés du zinc

Le **chlorure de zinc** est obtenu par action de l'acide de l'acide chlorhydrique sur le zinc ou l'oxyde de zinc, suivie d'une recristallisation.

Le **stéarate de zinc** peut être formé suivant trois méthodes : procédé de double décomposition (réaction entre le chlorure de zinc et le stéarate de sodium préalablement formé par réaction entre l'acide stéarique et la soude) ; procédé de transformation directe (formation de distéarate de zinc par réaction entre l'acide stéarique et l'oxyde de zinc) ; procédé de fusion (identique au procédé de transformation directe avec mélange de réaction porté à une température supérieure à la température de fusion du distéarate de zinc formé). (INERIS, 2005)

L'**oxyde de zinc** est produit par vaporisation de zinc métal suivie d'une oxydation des vapeurs dans de l'air préchauffé (méthode française). Un autre procédé (méthode américaine) consiste à réduire un minerai puis à oxyder les vapeurs de zinc par combustion. (INERIS, 2005)

Le **phosphate de zinc** est formé par réaction entre de l'oxyde de zinc en bouillie aqueuse et de l'acide phosphorique. Au terme de la réaction, l'eau est extraite par filtration et le phosphate de zinc constituant le filtrat est séché avant d'être broyé et conditionné. (INERIS, 2005)

Le **sulfate de zinc** est extrait de matériaux renfermant du zinc (cendres de zinc, carbonate de zinc ...) par lavage à l'acide sulfurique puis purifié par diverses méthodes permettant d'éliminer notamment des métaux tels que le manganèse, le fer, le cuivre, ou le cadmium. Il peut également être obtenu à partir de sulfure de zinc. (INERIS, 2005)

Utilisations

Le zinc est principalement utilisé pour galvaniser le fer, dans les alliages (ex. laiton), dans les batteries, sous forme de ZnO dans le caoutchouc et comme stabilisant dans les polymères. (S. Perek, 2001)

Le **zinc** est principalement utilisé pour les revêtements de protection des métaux contre la corrosion (galvanoplastie, métallisation, traitement par immersion). Il entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliages légers). Il est utilisé dans la construction immobilière, les équipements pour l'automobile, les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés. Il constitue un intermédiaire dans la fabrication d'autres composés de zinc et sert d'agent réducteur en chimie organique et de réactif en chimie analytique. (INERIS, 2005)

Le zinc est utilisé comme catalyseur dans des réactions chimiques.

Le **chlorure de zinc** est utilisé dans l'Union Européenne principalement en galvanoplastie, fonderie, soudure ; dans la fabrication d'agents conducteurs dans l'industrie électrique et l'industrie électronique ; dans la synthèse de médicaments et de vitamines ; dans la production de fongicides, de teintures et d'encres. (INERIS, 2005)

Le **distéarate de zinc** est employé comme stabilisant (en particulier pour les PVC) dans l'industrie des polymères, comme lubrifiant, produit de démoulage pour la fabrication des pièces moulées. Il est utilisé dans l'industrie du caoutchouc, du papier, des textiles, dans les peintures, les laques et les vernis ainsi que dans la construction comme agent résistant à l'eau. Il est également utilisé dans l'industrie cosmétique et dans l'industrie pharmaceutique. (INERIS, 2005)

L'**oxyde de zinc** présente une large gamme d'utilisations. Il est utilisé dans la fabrication de caoutchouc, d'objets en caoutchouc de pneumatiques, dans la fabrication de produits chimiques dérivés du zinc, dans le verre, les céramiques et les ferrites. Il est employé dans les peintures, comme additif dans les lubrifiants et le fioul, comme catalyseur en chimie. Il est également utilisé en alimentation animale, dans les cosmétiques (écrans antisolaire) et dans les médicaments. (INERIS, 2005)

Le **phosphate de zinc** est essentiellement utilisé comme pigment anticorrosion dans les apprêts et les peintures employés pour la protection des métaux. (INERIS, 2005)

Le **sulfate de zinc** est principalement employé pour la production de fertilisants et de pesticides utilisés en agriculture. Il est également utilisé comme additif pour des produits alimentaires et entre dans la composition de produits pharmaceutiques. Il est aussi employé dans la production de viscosité, dans les réactifs chimiques de laboratoire, comme agent de flottation dans l'industrie minière, et comme inhibiteur de corrosion en galvanisation. (INERIS, 2005)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique du zinc ou de ses composés en tant que réactif dans les procédés des industries du déchet.
- Lorsqu'il est initialement présent dans les déchets, du zinc, peut être émis par les installations.
- Certains équipements galvanisés peuvent émettre des quantités significatives de zinc lorsqu'ils sont exposés à la pluie (cas des glissières bordant les routes, ou les équipements des toitures par exemple).

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Industrie de la chimie (RMC, 2010)**

- oxyde de zinc : utilisé dans la fabrication de produits chimiques dérivés du zinc (agent réducteur, catalyseur)
- di-stéarate de zinc, oxyde de zinc: utilisé comme additif dans les lubrifiants
- sulfate de zinc: employé dans les réactifs chimiques de laboratoire

Fabrication des biocides et/ou produits phytosanitaires (RMC, 2010)

- chlorure de zinc: utilisé pour la production de fongicides
- sulfate de zinc: employé pour la production de pesticides utilisés en agriculture

Formulation galénique de produits pharmaceutiques (RMC, 2010)

- chlorure de zinc: utilisé dans la synthèse de médicaments et de vitamines
- di-stéarate de zinc: utilisé dans l'industrie pharmaceutique
- oxyde de zinc: utilisé dans les médicaments
- sulfate de zinc: employé pour la production de produits pharmaceutiques

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Abattoirs**

- présence de zinc dans les différentes étapes de l'alimentation des animaux d'élevage (oxyde de zinc, sulfate de zinc) (RMC, 2010)

Raffinage

- oxyde de zinc: utilisé comme additif dans le fioul (RMC, 2010)

Dépôts et terminaux pétroliers

- oxyde de zinc: utilisé comme additif dans le fioul (RMC, 2010)

Site de mélange et conditionnement, de synthèse ou de formation de produits pétroliers :

- oxyde de zinc: utilisé comme additif dans le fioul (RMC, 2010)

Cristallerie, Fusion du verre et autres industries du verre

- oxyde de zinc: utilisé comme stabilisant et colorant (INERIS, 2005)
- oxyde de zinc utilisé dans la fabrication du verre (INERIS, 2005)
- distéarate de zinc: dans le produit de démoulage pour pièces moulées

Centrale thermique de production d'électricité :

- combustion de charbon (RMC, 2010)

Industrie chimique :

- la réduction de nitrobenzène en N-phénylhydroxylamine produit des résidus de zinc pyrophorique (TOXNET)
- L'oxyde de zinc est utilisé dans la fabrication de produits chimiques dérivés du zinc, et comme catalyseur en chimie. (INERIS, 2005)

Fabrication de peintures :

- di-stéarate de zinc: utilisé comme agent résistant à l'eau_(RMC, 2010)
- oxyde de zinc: employé dans les peintures (INERIS, 2005)
- phosphate de zinc: essentiellement employé comme pigment anti-corrosion dans les apprêts et les peintures employés pour la protection des métaux (RMC, 2010)

Fabrication de pigments

- phosphate de zinc: essentiellement employé comme pigment anti-corrosion dans les apprêts et les peintures employés pour la protection des métaux (RMC, 2010)

Industrie du plastique

- di-stéarate de zinc: utilisé comme stabilisant, en particulier pour les PVC (RMC, 2010)

Industrie du caoutchouc

- di-stéarate de zinc: utilisé comme agent résistant à l'eau_(RMC, 2010)
- oxyde de zinc: utilisé dans la fabrication de caoutchouc, objets en caoutchouc de pneumatiques (INERIS, 2005)

Ennoblement textile

- di-stéarate de zinc: utilisé comme agent résistant à l'eau_ (RMC, 2010)
- sulfate de zinc: employé pour la production de viscose (soie artificielle) (RMC, 2010)

Blanchisserie :

- utilisé dans les colorants, dans les pigments_(RMC, 2010)

Préparation de pâte chimique, Préparation de pâte non chimique, Fabrication de papier carton

- di-stéarate de zinc: utilisé dans le papier comme agent résistant à l'eau (RMC, 2010)

Sidérurgie

- production d'acier galvanisé (RMC, 2010)

Fonderie de métaux ferreux / Fonderie de métaux non ferreux

- chlorure de zinc: utilisé en fonderie (RMC, 2010)

Production et/ou transformation des métaux non ferreux

- di-stéarate de zinc: dans le produit de démoulage pour pièces moulées (secteur non précisé) (RMC, 2010)

Industrie du travail mécanique des métaux

- chlorure de zinc utilisé pour les soudures (RMC, 2010)
- di-stéarate de zinc, oxyde de zinc: utilisé comme additif dans les lubrifiants (RMC, 2010)

Industrie du traitement, revêtement de surface (RMC, 2010),(INERIS, 2005)

- phosphate de zinc: essentiellement employé comme pigment anti-corrosion dans les apprêts et les peintures employés pour la protection des métaux
- sulfate de zinc: employé comme inhibiteur de la corrosion en galvanisation

Industrie de l'imprimerie

- chlorure de zinc: utilisé dans la production de teintures et d'encre (RMC, 2010)

Industrie agroalimentaire

- sulfate de zinc: employé comme additif pour les produits agroalimentaires_(RMC, 2010)
- L'oxyde de zinc est utilisé en alimentation animale (INERIS, 2005)

Activité viticole

- sulfate de zinc: utilisé comme pesticide (RMC, 2010)

Industrie du traitement des cuirs et peaux

- sulfate de zinc: utilisé dans la préservation des peaux

Industrie du bois

- sulfate de zinc: utilisé dans la préservation du bois (TOXNET)

Industrie de la céramique et des matériaux réfractaires (RMC, 2010)

- distéarate de zinc: dans le produit de démoulage pour pièces moulées (secteur non précisé)
- oxyde de zinc: utilisé comme pigment dans les céramiques (INERIS, 2005)

Industrie des polymères

- di-stéarate de zinc: utilisé comme stabilisant, dans l'industrie polymère (RMC, 2010)

Autres utilisations

- chlorure de zinc : utilisé dans la fabrication d'agents conducteurs dans l'industrie électrique et l'industrie électronique (RMC, 2010)
- di-stéarate de zinc : utilisé dans la construction comme agent résistant à l'eau, dans les cosmétiques (RMC, 2010)
- oxyde de zinc : utilisé dans les ferrites, dans les cosmétiques (écran solaire) (INERIS, 2005)
- sulfate de zinc : employé comme agent de flottation dans l'industrie minière (RMC, 2010)
- sulfate de zinc : employé pour la production d'engrais utilisés en agriculture (RMC, 2010)

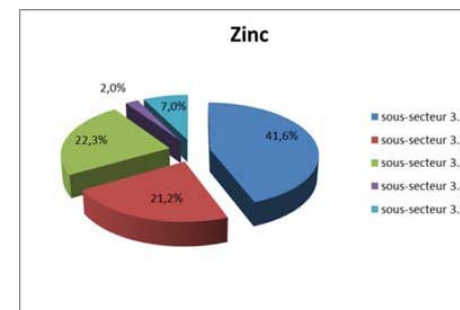
PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Selon les données partielles de la campagne RSDE 2 (RMC, 2011) :

Les rejets du secteur 3 se répartissent de la façon suivante (202 GIDIC concernés - 9 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 14 dont le seuil est supérieur au seuil réduction) :

- sous secteur **3.1** : 41,6% du secteur 3 (37 GIDIC concernés - 3 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 2 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)
- sous secteur **3.2** : 21,2% du secteur 3 (94 GIDIC concernés - 4 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 4 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)
- sous secteur **3.3** : 22,3% du secteur 3 (32 GIDIC concernés - 2 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 1 dont le seuil soit supérieur au seuil réduction)
- sous secteur **3.4** : 2,0% du secteur 3 (13 GIDIC concernés - aucun flux supérieur aux seuils)
- sous secteur **3.5** : 7% du secteur 3 (23 GIDIC concernés - 3 dont le flux est supérieur au seuil surveillance ; 2 dont le seuil est supérieur au seuil réduction)

Répartition des flux en zinc
dans les rejets des industries du secteur des déchets (RSDE2 partiel)



3.1 Regroupement, traitement, pré-traitement DD 3.3 UIOM 3.5 Autres sites de traitement DND
3.2 Installations de stockage DND 3.4 Lavage de citernes

Note : le zinc est analysé systématiquement dans les rejets de tous les sous-secteurs 3.1 à 3.5. Les données ci-dessus sont donc considérées comme représentatives des flux de zinc de l'ensemble du secteur 3.

Le zinc est une substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

D'après les résultats partiels de la campagne RSDE2 (RMC, 2011) en prenant en compte les flux, le nombre de rejets supérieurs aux seuils de réduction et/ou de surveillance, et la part respective des flux du sous secteur dans le flux total du secteur 3 (6 714,3 g/j), le zinc est une substance d'intérêt dans les rejets du secteur des industries du déchet, en particulier dans les rejets des sous secteurs :

Sous-secteur 3.2 Installations de stockage de déchets non dangereux (4 rejets supérieurs au seuil surveillance, 4 supérieurs au seuil réduction, flux de 1 424,6 g/j),

Sous-secteur 3.1 Regroupement et traitement des déchets dangereux (3 rejets supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieurs au seuil réduction, flux de 2 790 g/j),

Sous-secteur 3.5 Autres sites de traitement de déchets non dangereux (3 rejets supérieurs au seuil surveillance, 2 supérieur au seuil réduction, flux total de 472 g/j)

Sous-secteur 3.3 Unités d'incinération des ordures ménagères (2 rejets supérieurs au seuil surveillance, aucun flux supérieur au seuil de réduction, flux total de 1 495,6 g/j)

Note : cet avis pourra être infirmé ou confirmé à la suite de l'ajout des autres données industrielles, en particulier si des données nouvelles proviennent de sites fortement contributeurs (susceptibles de déplacer les pourcentages).

Présence dans l'environnement

Comme c'est le cas pour d'autres métaux tels que le cuivre ou le nickel, le zinc est assez abondant dans la croûte terrestre. La solubilité du carbonate de zinc est relativement faible, et le zinc s'adsorbe facilement sur certaines surfaces minérales et peut co-précipiter. Ces propriétés tendent à limiter les concentrations en zinc dissous dans les eaux naturelles). (Blum, et al., 2001)

Selon le rapport du BRGM sur le bruit de fond géochimique des éléments métalliques dans les eaux (Ghestem, et al., 2008), les niveaux de concentration en zinc dans les eaux françaises sont de 0,67 à 18 µg/l (avec un maximum de 29 µg/l).

Les apports anthropiques de zinc dans l'environnement résultent de trois groupes d'activités : (INERIS, 2005)

- les sources minières et industrielles : traitement du minerai, raffinage, galvanisation du fer, construction de toitures, fabrication de gouttières, piles électriques, pigments, matières plastiques, caoutchouc, etc...
- les épandages agricoles : le zinc ajouté volontairement à l'alimentation des animaux, surtout les porcs se retrouve en abondance dans les lisiers.
- les autres activités : de nombreuses activités urbaines et le trafic routier libèrent du zinc dans l'environnement : érosion des toitures et gouttières, usure des pneumatiques, poussières d'incinération des ordures, etc...

Compartiment atmosphérique

Le zinc entre naturellement dans l'atmosphère par le biais du transport des particules du sol par le vent, par les éruptions volcaniques, par les feux de forêts et par les émissions d'aérosols marins. On cite des concentrations ubiquitaires de 0,01 à 0,2 µg Zn/m³ (INERIS, 2005)⁵⁴¹

Eau

Le zinc existe dans l'eau sous diverses formes : ion hydraté (Zn(H₂O)²⁺), zinc complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques), zinc adsorbé sur de la matière solide, oxydes de zinc, etc. La spéciation du zinc dans le compartiment aquatique est un phénomène très complexe qui dépend de nombreux facteurs (pH, matière organique dissoute, potentiel redox etc). Le chlorure de zinc et le sulfate de zinc sont très solubles dans l'eau, mais peuvent s'hydrolyser en solution pour former un précipité d'hydroxyde de zinc, sous conditions réductrices. **Un pH faible est nécessaire pour maintenir le zinc en solution.** (INERIS, 2005)

La concentration médiane en zinc dans les rivières européennes est de 2,68 µg/l. En France, les concentrations sont de 0,67 - 18 µg/l (avec un maximum de 29 µg/l. (Ghestem, et al., 2008).

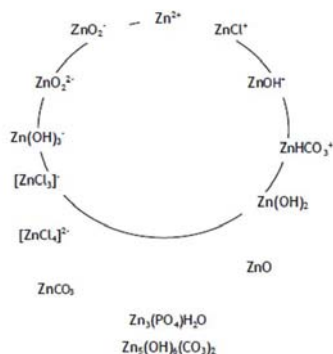
Sols /sédiments

Dans les roches magmatiques (granite, laves), le sulfure le zinc est en général sous forme de sulfure : de 40 à 120 mg Zn/kg. (INERIS, 2005)

Dans les sédiments argileux, le zinc est présent à des concentrations allant de 80 à 120 mg Zn/kg. (INERIS, 2005)

Dans les sols, le zinc se trouve principalement à l'état d'oxydation +2, (souvent sous la forme ZnS), mais aussi sous de nombreuses formes ioniques (INERIS, 2005) :

Formes du zinc dans le sol (Kabata-Pendias et Pendias (1992) dans (INERIS, 2005)



Le zinc sous forme soluble (ex. ZnSO₄), est assez mobile dans la plupart des sols. Cependant, relativement peu de sols présentent du zinc sous forme soluble ce qui limite sa mobilité. Par conséquent, le déplacement du zinc vers l'eau souterraine est très lent. Même s'il a été apporté au sol sous forme soluble (irrigation avec de l'eau usée), il est rapidement converti dans ses formes chimiques les moins actives (complexes organiques et surtout précipités minéraux) (INERIS, 2005)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du zinc dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive)

01 - Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

- Métaux associés aux minerais et stériles métallifères et non métallifères
- Métaux associés aux déchets de forage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 03 04* stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure

01 03 05* autres stériles contenant des substances dangereuses

01 03 07* autres déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

01 04 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 04 07* déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères

01 05 Boues de forage et autres déchets de forage

01 05 06* boues et autres déchets de forage contenant des substances dangereuses

03 - Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton

- Métaux présents sous forme de pigments dans les produits de finition de panneaux et meubles

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

03 01 Déchets provenant de la transformation du bois et de la fabrication de panneaux et de meubles

03 01 04* sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages contenant des substances dangereuses

06 - Déchets des procédés de la Chimie minérale

- Métaux lourds présents dans certains sels
- Métaux et cyanures présents dans des boues de traitement in situ
- Métaux présents sur les charbons actifs usés de la chimie minérale

⁵⁴¹ Dans la version de 2005 du document de l'INERIS, les concentrations sont données en "µg /m3", ce qui relève certainement d'une erreur typographique - nous les avons transformées en "µg/m³".

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
06 03 13* sels solides et solutions contenant des métaux lourds
06 03 15* oxydes métalliques contenant des métaux lourds
- 06 04 Déchets contenant des métaux autres que ceux visés à la section 06 03
06 04 05* déchets contenant d'autres métaux lourds
- 06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 06 13 Déchets des procédés de la chimie minérale non spécifiés ailleurs
06 13 02* charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)

07 - Déchets des procédés de la Chimie organique de base

- Sels de chrome, nickel, zinc utilisés comme additifs dans la fabrication de caoutchouc

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 07 02 Déchets provenant de la FFDU de matières plastiques, caoutchouc et fibres synthétiques
07 02 14* déchets provenant d'additifs contenant des substances dangereuses
- 07 03 Déchets provenant de la FFDU de teintures et pigments organiques (sauf section 06 11)
07 03 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
07 03 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 03 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 03 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
07 03 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 03 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
07 03 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 03 11* boues provenant du traitement in situ d'effluents contenant des subst. dangereuses

08 – Déchets provenant de la fabrication, de la formulation, de la distribution et de l'utilisation (FFDU) de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

- Le zinc employé comme adjuvant dans certaines peintures (siccatif)
- Certains métaux présents dans des toners d'impression (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 08 01 Déchets provenant de la FFDU et du décapage de peintures et vernis
08 01 11* déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
08 01 13* boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 15* boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 17* déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 19* suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 21* déchets de décapants de peintures ou vernis
- 08 03 Déchets provenant de la FFDU d'encres d'impression
08 03 17* déchets de toner d'impression contenant des substances dangereuses

10 – Déchets provenant de Procédés thermiques

- Certains métaux présents dans des cendres, mâchefers et déchets d'épuration des gaz de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres combustibles (co-incinération)
- Certains métaux présents dans des boues de traitement des effluents et boues de nettoyage de chaudière de combustion de bois, charbon, hydrocarbures et autres (co-incinération)
- Métaux présents dans les laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de refroidissement de l'industrie du fer et de l'acier
- Métaux présents dans des scories et dans les déchets d'épuration des fumées et des eaux de la métallurgie des non ferreux
- Métaux présents dans les poussières de filtration des fumées et autres fines de la fonderie des métaux ferreux et non ferreux

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
10 01 02 cendres volantes de charbon
- 10 03 Déchets de la pyrometallurgie de l'aluminium
10 03 08* scories salées de production secondaire
10 03 09* crasses noires de production secondaire
10 03 21* autres fines et poussières (y compris fines de broyage de crasses) contenant des substances dangereuses
10 03 29* déchets provenant du traitement des scories salées et du traitement des crasses noires contenant des substances dangereuses
- 10 05 Déchets provenant de la pyrometallurgie du zinc
10 05 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
10 05 03* poussières de filtration des fumées
10 05 04 autres fines et poussières
10 05 05* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
10 05 06* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
10 05 08* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 05 09 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 05 08
10 05 10* crasses et écumes inflammables ou émettant, au contact de l'eau, des gaz inflammables en quantités dangereuses
10 05 11 crasses et écumes autres que celles visées à la rubrique 10 05 10
10 05 99 déchets non spécifiés ailleurs
- 10 06 Déchets provenant de la pyrometallurgie du cuivre
10 06 01 scories provenant de la production primaire et secondaire
10 06 02 crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
10 06 03* poussières de filtration des fumées
10 06 04 autres fines et poussières
10 06 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
10 06 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 10 01 Déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chapitre 19)
10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière visées à la rubrique 10 01 04)
10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures

- 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
- 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération contenant des substances dangereuses
- 10 01 16* centres volantes provenant de la coïncinération contenant des substances dangereuses
- 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des substances dangereuses
- 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
- 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des substances dangereuses
- 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
- 10 02 01 déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
- 10 02 02 laitiers non traités
- 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
- 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 02 07
- 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
- 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 02 11
- 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
- 10 04 Déchets provenant de la pyroméallurgie du plomb
- 10 04 01* scories provenant de la production primaire et secondaire
- 10 04 02* crasses et écumes provenant de la production primaire et secondaire
- 10 04 04* poussières de filtration des fumées
- 10 04 05* autres fines et poussières
- 10 04 06* déchets solides provenant de l'épuration des fumées
- 10 04 07* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 10 09 Déchets de fonderie de métaux ferreux
- 10 09 09* poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
- 10 09 11* autres fines contenant des substances dangereuses
- 10 10 Déchets de fonderie de métaux non ferreux
- 10 10 09* poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
- 10 10 11* autres fines contenant des substances dangereuses

11 – Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydroméallurgie des métaux non ferreux

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement chimique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement chimique de surface des métaux

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
- 11 01 08* boues de phosphatation
- 11 02 Déchets provenant des procédés hydroméallurgiques des métaux non ferreux
- 11 02 02* boues provenant de l'hydroméallurgie du zinc (y compris jarosite et goethite)

- 11 05 Déchets provenant de la galvanisation à chaud
- 11 05 01 mattes
- 11 05 02 cendres de zinc
- 11 05 03* déchets solides provenant de l'épuration des fumées

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 11 01 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux (par exemple, procédés de galvanisation, de revêtement de zinc, de décapage, de gravure, de phosphatation, de dégraissage alcalin et d'anodisation)
- 11 01 05* acides de décapage
- 11 01 06* acides non spécifiés ailleurs
- 11 01 07* bases de décapage
- 11 01 09* boues et gâteaux de filtration contenant des substances dangereuses
- 11 01 10 boues et gâteaux de filtration autres que ceux visés à la rubrique 11 01 09
- 11 01 11* liquides aqueux de rinçage contenant des substances dangereuses
- 11 01 15* éluats et boues provenant des systèmes à membrane et des systèmes d'échange d'ions contenant des substances dangereuses
- 11 01 16* résines échangeuses d'ions saturées ou usées

12 – Déchets provenant de la mise en forme et du traitement physique et mécanique de surface des métaux et matières plastiques

- Métaux présents dans les solutions et boues de traitement physique et mécanique de surface de métaux
- Métaux présents dans les résidus concentrés de traitement d'effluents du traitement physique et mécanique de surface des métaux
- Métaux présents dans des résidus de traitement physique de surface des métaux (Ni, Cr pour les métaux ferreux et Cu, Cr, Cd, Ni, Zn pour les non ferreux), déchets de soudure, d'usinage, de grenailage, du meulage et de l'affûtage

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 12 01 Déchets provenant de la mise en forme et du traitement mécanique et physique de surface des métaux et matières plastiques
- 12 01 03 limaille et chutes de métaux non ferreux
- 12 01 04 fines et poussières de métaux non ferreux
- 12 01 13 déchets de soudure
- 12 01 14* boues d'usinage contenant des substances dangereuses
- 12 01 15 boues d'usinage autres que celles visées à la rubrique 12 01 14
- 12 01 16* déchets de grenailage contenant des substances dangereuses
- 12 01 18* boues métalliques (provenant du meulage et de l'affûtage) contenant des hydrocarbures
- 12 01 20* déchets de meulage et matériaux de meulage contenant des substances dangereuses

13 – Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux chapitres 05, 12 et 19)

- Métaux et HAP présents dans des huiles moteurs

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 13 02 Huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées
- 13 02 04* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale
- 13 02 05* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
- 13 02 06* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
- 13 02 07* huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
- 13 02 08* autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification

15 – Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus
- Solvants chlorés (tétra- tri- dichloroéthane), hydrocarbures monoaromatiques, PCB présents sur certains chiffons d'essuyage et matériaux absorbants

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (y compris les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10*** emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 – Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- Zinc, BTEX présents dans les pneus hors d'usage
- Métaux, BTEX, diphenyléther polybromés présents dans des VHU
- Métaux, BTEX présents dans des filtres à huile
- Métaux présents dans des composants et équipements mis au rebut
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les produits chimiques de laboratoires à base de ou contenant des substances dangereuses
- Mercure et zinc dans les piles au mercure
- Zinc dans les piles alcalines et salines
- Chrome, cuivre, nickel et zinc potentiellement présents dans les catalyseurs usés
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les déchets liquides aqueux et concentrés aqueux destinés à un traitement hors site

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport et déchets du démontage de VHU et de l'entretien de véhicules (sauf chapitres 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
- 16 01 03** pneus hors d'usage
- 16 06 Piles et accumulateurs
- 16 06 03*** piles contenant du mercure
- 16 06 04** piles alcalines (sauf rubrique 16 06 03)
- 16 06 05** autres piles et accumulateurs

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 16 01 Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (y compris machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf chapitres 13, 14, et section 16 06 et 16 08)
- 16 01 04*** véhicules hors d'usage
- 16 01 06** véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux
- 16 01 07*** filtres à huile
- 16 01 18** métaux non ferreux
- 16 02 Déchets provenant d'équipements électriques ou électroniques
- 16 02 13*** équipements mis au rebut contenant des composants dangereux(2) autres que ceux visés aux rubriques 16 02 09 à 16 02 12
- 16 02 15*** composants dangereux retirés des équipements mis au rebut

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06*** produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, y compris les mélanges de produits chimiques de laboratoire
- 16 05 07*** produits chimiques d'origine minérale à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 05 08*** produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut

- 16 06 Piles et accumulateurs
- 16 06 06*** électrolyte de piles et accumulateurs collectée séparément

- 16 08 Catalyseurs usés
- 16 08 02*** catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition dangereux
- 16 08 03** catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition non spécifiés ailleurs

- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01*** déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses
- 16 10 03*** concentrés aqueux contenant des substances dangereuses

17 – Déchets de construction et démolition (y compris déblais provenant de sites contaminés)

- Divers polluants métalliques, organiques, minéraux présents dans des terres ou boues de dragage polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 17 04 Métaux (y compris leurs alliages)
- 17 04 04** zinc

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 17 05 Terres (y compris déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03*** terres et cailloux contenant des substances dangereuses
- 17 05 05*** boues de dragage contenant des substances dangereuses
- 17 09 Autres déchets de construction et de démolition
- 17 09 03*** autres déchets de construction et de démolition (y compris en mélange) contenant des substances dangereuses

19 – Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- Métaux, HAP et dioxines dans déchets d'incinération
- Métaux dans des déchets et boues de traitement physico-chimique de déchets
- Métaux dans des déchets solidifiés et partiellement stabilisés
- Métaux dans les cendres et déchets de traitement des gaz de fumées de vitrification de déchets
- Métaux dans des déchets de compostage
- Toutes substances dangereuses potentiellement présentes dans les lixiviats de décharges
- Métaux, chlorophénols, HAP, BTEX, chlorobenzène, nonylphénols, octylphénols, PCB, dioxines, médicaments, hormones, ignifuges bromés dans des eaux usées urbaines
- Métaux sur les résines échangeuses d'ions et résidus concentrés de procédé à membrane
- Métaux et PCB dans les résidus de broyage de déchets contenant des métaux
- Métaux dans des déchets de traitement mécanique de déchets
- Métaux, solvants chlorés, HAP, BTEX dans des résidus de traitement de terres polluées

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
19 01 11* mâchefers contenant des substances dangereuses
19 01 13* cendres volantes contenant des substances dangereuses
19 01 15* cendres sous chaudière contenant des substances dangereuses
19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des substances dangereuses
19 01 18 déchets de pyrolyse autres que ceux visés à la rubrique 19 01 17

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
19 01 06* déchets liquides aqueux de l'épuration des fumées et autres déchets liquides aqueux
19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
- 19 02 Déchets provenant des traitements physico-chimiques des déchets (y compris déchromatation, décyanuration, neutralisation)
19 02 04* déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
19 02 05* boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des substances dangereuses
- 19 03 Déchets stabilisés/solidifiés (4)
19 03 04* déchets catalogués comme dangereux, partiellement(5) stabilisés
19 03 06* déchets catalogués comme dangereux, solidifiés
- 19 04 Déchets vitrifiés et déchets provenant de la vitrification
19 04 02* cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée
- 19 05 Déchets de compostage
19 05 01 fraction non compostée des déchets municipaux et assimilés
- 19 07 Lixiviats de décharges
19 07 02* lixiviats de décharges contenant des substances dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
19 08 06* résines échangeuses d'ions saturées ou usées
19 08 07* solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
19 08 08* déchets provenant des systèmes à membrane contenant des métaux lourds
- 19 10 Déchets provenant du broyage de déchets contenant des métaux
19 10 03* fraction légère des résidus de broyage et poussières contenant des substances dangereuses
19 10 05* autres fractions contenant des substances dangereuses
- 19 12 Déchets provenant du traitement mécanique des déchets (par exemple, tri, broyage, compactage, granulation) non spécifiés ailleurs
19 12 11* autres déchets (y compris mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des substances dangereuses
- 19 13 Déchets provenant de la décontamination des sols et des eaux souterraines
19 13 01* déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
19 13 03* boues issues de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
19 13 05* boues provenant de la décontamination d'eaux souterraines contenant des substances dangereuses
19 13 07* déchets liquides aqueux et concentrés aqueux provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses

20 – Déchets municipaux (déchets ménagers et déchets assimilés provenant des commerces, des industries et des administrations), y compris les fractions collectées séparément

- Solvants chlorés, BTEX dans des déchets de solvants collectés séparément
- Métaux dans des acides usés
- Métaux dans des peintures, encres, colles, résines
- Métaux dans les piles et accumulateurs collectés séparément
- Métaux dans des équipements électriques et électroniques collectés séparément
- Métaux, HAP, BTEX dans des déchets de nettoyage de rues

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
20 01 33* piles et accumulateurs visés aux rubriques 16 06 01, 16 06 02 et 16 06 03 et piles et accumulateurs non triés contenant ces piles

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
20 01 14* acides
20 01 27* peinture, encres, colles et résines contenant des substances dangereuses
20 01 35* équipements électriques et électroniques mis au rebut contenant des composants dangereux, autres que ceux visés aux rubriques 20 01 21 et 20 01 23

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

L'ensemble des méthodes décrites ci-dessous concerne le zinc et ses composés qui seront toujours dosés sous forme de zinc (excepté pour la diffraction X qui permet de doser l'oxyde de zinc directement).

EAUX DE SURFACE (INERIS, 2005)**Prélèvements et conditionnement**

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre borosilicaté), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée. Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en terme de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2). Par ailleurs, il faut veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.

Extraction / préparation

Il est possible de doser le zinc sous trois formes :

- **Le zinc dissous** se retrouve dans la phase liquide du prélèvement d'eau, récupérée après filtration sur membrane de porosité 0,45 µm.
- **Le zinc particulaire** se retrouve sur le filtre de porosité 0,45 µm, il est dosé après attaque acide du filtre.
- **Le zinc total**, obtenu soit en faisant la somme des dosages du zinc dissous et du zinc particulaire, soit en procédant à une digestion appropriée de l'eau (sans l'avoir filtrée).

Dosage

A ce stade de l'analyse, l'échantillon se trouve soit sur un porte-échantillon, soit sous forme liquide dans un milieu acide. Dans le cas des matrices liquides obtenues après traitement acide des filtres, on se retrouve dans le même cas pour les prélèvements d'air que pour les eaux ou les sols.

Il existe différentes méthodes spectroscopiques pour l'analyse du zinc minéralisé et une technique (la diffraction X) pour le dosage du ZnO.

Méthodes de dosage

La spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (F-AAS). Cette méthode fonctionne sur le principe d'absorption de la lumière émise par une lampe "zinc". La flamme permet de doser de fortes concentrations et ne permet pas d'atteindre de faibles concentrations.

La spectrométrie d'émission atomique couplée à une torche à plasma (ICP-AES). Cette méthode fonctionne sur le principe inverse de la précédente en termes de détection : il s'agit d'obtenir un spectre caractéristique des raies du zinc suite à une atomisation dans un plasma d'argon. L'intensité de ces raies est proportionnelle à la quantité d'atomes présents en solution. Cette technique permet de doser de fortes comme de faibles concentrations.

La diffraction X. Dans cette méthode, le spectre de diffraction des rayons X est caractéristique de la forme cristalline de l'oxyde de zinc et l'intensité des raies de diffraction est mesurée en totalisant le nombre de coups enregistré dans le domaine angulaire concerné et en soustrayant le bruit de fond mesuré aux deux extrémités dans ce domaine pendant un temps égal à celui nécessaire pour enregistrer la raie.

AUTRES METHODES D'ANALYSES

Des méthodes d'analyse du zinc dans les eaux et diverses matrices sont accessibles dans une base de données dédiée à la spéciation. <http://www.speciation.net/Database/Links/all-about-zinc.html>

NORMES POUR LE DOSAGE DU ZINC DANS L'EAU**NF EN ISO 15587-1 et -2 : Qualité de l'eau – Digestion pour la détermination de certains éléments dans l'eau (mai 2002).****Domaine d'application**

Cette méthode permet d'extraire des éléments traces dans une eau en utilisant l'eau régale (partie 1 de la norme) ou l'acide nitrique (partie 2 de la norme) comme agent de digestion. Elle est applicable à tous les types d'eau dont la concentration massique en solides en suspension est inférieure à 20 g/l et la concentration massique en COT exprimée en carbone est inférieure à 5 g/l.

Principe

La prise d'essai est digérée avec de l'eau régale à une température définie. Elle doit au moins atteindre la température d'ébullition de 103°C et ne pas dépasser 175°C. Au point d'ébullition, la durée minimale nécessaire à la libération de la fraction digestible est de 2 h. La digestion peut se faire dans différents systèmes de chauffage (chauffage électrique, micro-onde système ouvert, micro-onde système fermé ou autoclave système fermé).

NF EN ISO 15586 : Qualité de l'eau – Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (2004)**Domaine d'application**

Cette norme permet de décrire les principes et les modes opératoires permettent d'analyser de très faibles teneurs en Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V et Zn dans les eaux de surface, souterraines, potables, usées et dans les sédiments par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique en four graphite. La limite de détection dépend de la matrice de l'échantillon et du type d'appareillage. Cette méthode permet d'atteindre de faibles concentrations.

Principe

Les échantillons d'eau sont stabilisés à l'acide. Un sous-échantillon est injecté dans un four graphite. La spectrométrie d'absorption atomique est basée sur la capacité des atomes libres à absorber un rayon lumineux. Une source de lumière émet une lumière spécifique d'un élément. La concentration d'un élément dans l'échantillon est déterminée par comparaison de l'absorbance de l'échantillon avec l'absorbance des solutions étalons.

Interférences

Les eaux usées peuvent contenir des composés gênant pour l'analyse. Par exemple les chlorures peuvent accentuer la volatilité de certains composés et causer une perte de l'élément à la pyrolyse. Une optimisation des programmes de températures, une utilisation de tubes avec plateforme, l'emploi de modificateurs chimiques, la technique des ajouts dosés ou une correction de fonds permettent de minimiser ces effets.

Pr NF EN ISO 11885 : Qualité de l'eau – Dosage de 33 éléments par spectrométrie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (2009)**Domaine d'application**

La norme prescrit une méthode de dosage pour plusieurs éléments (totaux, dissous ou particuliers) dans tout type d'eaux (souterraines, surfaces, brutes, potables ou résiduares).

Principe

Cette méthode consiste à mesurer l'émission atomique par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission des raies caractéristiques sont dispersés par un réseau et l'intensité des raies est mesurée par un détecteur.

Interférences

Le choix des longueurs d'onde dépend de la matrice, car il existe plusieurs types d'interférences pouvant conduire à des inexactitudes dans le dosage des éléments à l'état de traces. Pour remédier à ces problèmes d'interférences, il est possible soit de réaliser un balayage en longueur d'onde pour détecter toute éventuelle interférence spectrale possible, soit de compenser les interférences dues au bruit de fond par une correction du bruit de fond adjacente à la raie analytique.

Les interférences spectrales sont dues à la technique ICP. Choisir la longueur d'onde la plus judicieuse, une bonne correction inter-éléments et une bonne correction de fond.

Dans le cas du zinc, les éléments interférents signalés sont le Cr pour la longueur d'onde 206,191 nm et le Cu, Ni, Fe pour la longueur d'onde 213,856 nm

Limites de détection

La limite de détection pour le zinc se situe à 0,01 mg/l pour la longueur d'onde 206,191 nm et à 0,005 mg/l pour la longueur d'onde 213,856 nm.

FD T 90-112- Qualité de l'eau – Dosage de huit éléments métallique (Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Pb) par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme (juillet 1998)

Domaine d'application

Cette norme décrit deux méthodes de dosages dans les eaux, par absorption atomique flamme de huit éléments métalliques.

- la méthode directe : applicable quand les concentrations des éléments à doser sont élevées et quand il n'y a pas d'interférences notables (le domaine de dosage pour le zinc dans ce cas se situe entre 0,05 et 2 mg/l)
- la méthode de dosage après complexation et extraction : applicable à des eaux peu chargées en matières organiques (le domaine de dosage pour le zinc dans ce cas se situe entre 0,5 et 50 µg/l).

Principe

L'échantillon est nébulisé dans la flamme d'un spectromètre d'absorption atomique. La concentration de chaque élément est donnée directement par la courbe d'étalonnage quand l'appareil est équipé d'un dispositif de correction de fond continu ou indirectement après avoir effectué une correction de l'absorbance non spécifique.

Projet ISO/CD 17291-1 : Qualité de l'eau - Détermination de 61 éléments par ICP-MS (décembre 2001).

Domaine d'application

La norme décrit une méthode de dosage pour 61 éléments dans les eaux potables et relativement peu chargées. Elle peut s'étendre aux boues et sédiments après digestion en tenant compte des interférences possibles. Dans les eaux potables et relativement peu polluées, pour la plupart des éléments les limites de dosage se situent entre 0,1 et 1 µg/l. Les limites peuvent être plus élevées quand il y a la présence d'interférent ou d'effet mémoire.

Il existe deux types d'interférences :

- Les interférences spectrales : dans le cas du zinc
 - o avec l'isotope 64, il existe une interférence avec le Ni, AlCl, SS, FeC, SOO, CaO.
 - o avec l'isotope 66, il existe une interférence avec le Ba, PCl, SS, FeC, SOO.
 - o avec l'isotope 68, il existe une interférence avec Ba, Ce, FeN, PCl, ArS, FeC, SS, ArNN, SOO.
- les interférences non spectrales :
 - o elles proviennent des différentes propriétés physiques des solutions (matrice, viscosité) qui ont tendance à avoir un effet sur le signal et dans ce cas elles peuvent être corrigées avec l'utilisation d'un étalon interne ou par dilution de l'échantillon.
 - o elles peuvent également provenir de la salinité de la solution ou des résidus de l'échantillon qui ont tendance à créer un effet mémoire, d'où la nécessité d'utiliser des contrôles avec des blancs de solution

Principe

Cette méthode consiste à mesurer les ions par un spectromètre de masse après nébulisation dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les rapports m/z sont caractéristiques de l'élément à doser.

Norme NF EN ISO 17294-2

La technique ICPMS est à l'heure actuelle la technique multi élémentaire la plus sensible pour l'analyse des éléments traces dans les eaux.

Interférences

Les principales difficultés de cette technique sont les interférences. Malgré la présence sur les appareils les plus récents, de système permettant de les diminuer, il reste qu'une partie de ces interférences demeure et que leur impact est d'autant plus critique que les concentrations recherchées sont faibles. Le contrôle de ces interférences par le laboratoire est donc particulièrement important. Des indications sur ce point sont données dans les normes 17294-2 et 17294-1. Le laboratoire devra décrire succinctement les procédures mises en œuvre pour la maîtrise de ces interférences.

AUTRES NORMES

ISO 8288 : Qualité de l'eau – Dosage du cobalt, nickel, cuivre, zinc, cadmium et plomb – Méthodes par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (mars 1986).

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Substitution et changement de process pour les industries du secteur du déchet

Le zinc (et composés) n'entre pas dans les réactifs utilisés dans les process des industries du secteur des déchets. Aucune substitution ou changement de process n'a été identifié.

La récupération des eaux pluviales permettra, le cas échéant, de limiter la contribution en zinc due aux équipements extérieurs (toitures, glissières...)

Traitement par précipitation

Les effluents aqueux peuvent contenir du zinc en cas d'utilisation d'eau de rinçage ou d'un système de traitement des gaz résiduels par voie humide. Dans ces cas, l'effluent liquide doit être traité par précipitation des métaux lourds, neutralisation et filtration sur sable. On peut ainsi atteindre des concentrations en métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) inférieures à 0,1 mg/l (RMC, 2010)

Traitement par Coagulation, Flocculation, Décantation

Traitement physico-chimique (tamisage, écumage, décantation, centrifugation, filtration) (RMC, 2010)

Traitement biologique

Le zinc est largement transféré dans les boues dans ce type de traitement (RMC, 2010)

Adsorption sur charbon actif

Une étude sur un effluent montre une réduction de 81% pour une concentration initiale de 124 ppb de zinc et un débit de 0,66 m³/sec. Dans ce cas, le charbon actif est utilisé comme traitement de finition après traitements biologique et physico-chimique des effluents (US-EPA, 1982)

REFERENCES

Blum A. [et al.] Contribution à la caractérisation des états de référence géochimique des eaux souterraines. Outils et méthodologie [En ligne] // BRGM. - 2001. - Rapport BRGM/RP-51093-FR, 286 p 6 annexes, 78 figures, 56 tableaux.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Ghestem JP, Crouzet C et Girardot N Estimation des fonds géochimiques en éléments traces des eaux de surface continentales et des eaux souterraines : cahier des charges pour l'analyse et le prélèvement. [Rapport] : Version 0. - [s.l.] : BRGM, 2008. - p. 44 pages. - 6 Tableaux, 1 Annexe. - RP-56835-FR.

INERIS Les substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 611 pages. - En ligne : . - n°DRC-07-82615-13836C.

INERIS Zinc - Données technicoéconomiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/>. - 45 pages.

INERIS Zinc & ses dérivés [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php. - 69 pages. - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

S. Pereck [En ligne] // Les éléments chimiques - propriétés. - 2001. - <http://elements.chimiques.free.fr/proPropr.php?p=8&s=1>.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

US-EPA Management of Hazardous Waste Leachate [En ligne] = EPA Contract No. 68-03-2766 p.E-166 // NSCEP (National Service Center for Environmental Publications). - US EPA, 1982. - <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/10003JPJ.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1981%20Thru%201985&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQField.> - OSW000871.

CYANURES

DESCRIPTIF**Synonymes :**

• -

Formule semi-développée :**N° CAS : 74-90-8**

Famille : cyanures

Propriétés physico-chimiques du Cyanure d'hydrogène :**Masse molaire :** 27,03 g/mol (INERIS, 2011)**Solubilité dans l'eau :** $1 \cdot 10^{-6}$ mg/l à 25°C (INERIS, 2011)**Pression de vapeur :** $8,3 \cdot 10^{-4}$ Pa à 20°C (INERIS, 2011)**Temps de ½ vie dans le sol :** x**Temps de ½ vie dans l'eau :** 0,12 j (INERIS, 2011)**Constante de Henry :** $1,33 \cdot 10^{-4}$ Pa.m³/mol à 25°C (INERIS, 2011)
 $5,10 \cdot 10^{-2}$ Pa.m³/mol (INERIS, 2011)**Log Kow :** 0,66 - 1,07 (INERIS, 2011)**Koc :** - -**Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**

- Le traitement des cyanures par des solutions d'hypochlorite pour les oxyder en cyanates peut être fait sans risque d'explosion. (Leleu, et al., 2004)
- Les cyanures sont incompatibles avec les acides (Carlo Erba, 2009)
- Certains cyanures métalliques réagissent violemment avec le magnésium (Leleu, et al., 2004)
- Les mélanges cyanure/chlorate ou cyanure de potassium/nitrite peuvent donner des réactions explosives (Leleu, et al., 2004)
- Le chlorure de nitrosyle réagit violemment avec le cyanamide d'argent (Leleu, et al., 2004)
- Le cyanure d'arsenic détonne au contact d'un chlorate alcalin (Leleu, et al., 2004)
- Le dicyanure de carbonyle se décompose à l'eau de manière explosive (Leleu, et al., 2004)
- Le cyanure d'argent et le cyanure de zinc sont décomposés énergiquement à température ambiante (avec explosions) par le fluor (Leleu, et al., 2004)
- Les hypochlorites oxydent les cyanures en cyanates, même à pH élevé. Le dégagement d'azote est brutal. Il faut donc éviter d'avoir simultanément un pH élevé, un excès d'hypochlorite et une concentration en cyanures élevée. (Leleu, et al., 2004)

Toxicité et écotoxicité :**Eaux : NQE :** absence de données (Dir. 2008/105/CE)**NQEp**⁵⁴² (Circ. 2007-23)⁵⁴³ : 0,57 µg/l (concentration dissoute après filtration à 0,45 µm)**LQ :** - -**Note :** NQE / LQ : sans objet**PNEC_{eau douce} :** 0,114 µg/l (INERIS, 2011)**Occurrence dans les rejets des industries du déchet**

Les cyanures n'ayant pas été analysés dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à leur sujet.

Traitabilité⁵⁴⁴

Oxydoréduction : Prétraitement d'un traitement biologique, éventuellement traitement de finition pour enlever des substances réfractaires.

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité

Traitement à l'ozone : Traitement secondaire ou de finition

Oxydation thermique – incinération : L'incinération des eaux usées est préférée aux autres techniques de traitement dont le but est le même lorsque celles-ci ne fonctionnent pas ou ne sont pas économiquement viables.

Traitement par adsorption possible

⁵⁴² http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf⁵⁴³ **NQEp** : "Norme de qualité environnementale provisoire" à retenir pour les substances pertinentes de la liste II second tiret de la directive 76/464 (métaux et autres substances) - tableau E⁵⁴⁴ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

RÉGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/CE** du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵⁴⁵ -
 - Les cyanures libres sont listés dans l'Annexe III "Substances soumises à révision pour leur possible identification comme substance prioritaire ou comme substance dangereuse prioritaire".
 - Pas de NQE établie
- **Circulaire du 29/09/10 relative à la surveillance de la présence de micropolluants dans les eaux rejetées au milieu naturel par les stations de traitement des eaux usées**
 - Annexe III
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau 50 kg/an⁵⁴⁶ (sous forme de CN total)
- **Arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines (JORF n°0192 du 21 août 2009) – Annexe I⁵⁴⁷**
 - Les cyanures totaux sont listés
- **Arrêté du 30 juin 05 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses (JO n° 162 du 13 juillet 2005), tableau 7⁵⁴⁸**
 - Les cyanures sont listés comme substances pertinentes
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁵⁴⁹.
 - Les cyanures ne sont pas concernés
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Les cyanures ne font pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁵⁵⁰**
 - Les cyanures ne sont pas concernés
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁵⁵¹**
 - Les cyanures ne sont pas concernés

⁵⁴⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁵⁴⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129

⁵⁴⁷ <http://www.legifrance.gouv.fr/afichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020985401&dateTexte=&categorieLien=id>

⁵⁴⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1679

⁵⁴⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁵⁵⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁵⁵¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NÉOFORMATION OU ÉMISSIONS INVOLONTAIRES

Il existe une production naturelle de cyanure d'hydrogène par décomposition à partir des organismes qui contiennent des glycosides cyanogéniques comme dans les plantes, les algues, les champignons, les bactéries, les arthropodes. La décomposition des plantes constitue donc une source naturelle de cyanure d'hydrogène. (INERIS, 2011)

D'autres émissions provenant des industries chimiques (engrais, caoutchouc synthétique), des industries métallurgiques (fer, acier, extraction de l'or et de l'argent, galvanoplastie), des raffineries de pétrole, des incinérateurs d'ordures ménagères, de la combustion de polyuréthanes, d'acrylonitriles, de polyamides, de bois et de papier, lors d'incendies, ou provenant de la fumée de cigarette ou de traitements par fumigation, contribuent également à la contamination de l'environnement par les cyanures. (INERIS, 2011)

PRODUCTION / UTILISATION

Il existe plusieurs dérivés du cyanure notamment le cyanogène (CN)₂, le chlorure de cyanogène (ClCN), le cyanure d'hydrogène (HCN), le cyanure de calcium (Ca(CN)₂), le cyanure de potassium (KCN), le cyanure de sodium (NaCN) et le cyanure d'ammonium (NH₄(CN)). Le cyanogène et le chlorure de cyanogène sont des gaz, le cyanure d'hydrogène est un liquide qui passe à l'état gazeux dès 25°C, les autres dérivés sont des solides.

Ces différents dérivés sont utilisés en synthèse chimique mais aussi dans plusieurs domaines industriels comme la métallurgie, le traitement des minerais, la photographie, la fabrication de pigments ou de produits pharmaceutiques ou comme fongicide, raticide et insecticide.

Synthèse / Production

Principes de production des principales formes de cyanure (INERIS, 2011)

Le cyanogène est préparé en additionnant une solution aqueuse de cyanure de sodium ou de potassium à une solution aqueuse de sulfate ou de chlorure de fer. Il peut aussi être formé en chauffant du cyanure de mercure ou du cyanure d'hydrogène en présence d'un catalyseur.

Le chlorure de cyanogène est obtenu par l'action du chlore sur le cyanure d'hydrogène. Il peut également être produit par l'action du chlore sur une suspension de cyanure de sodium dans du tétrachlorure de carbone, maintenue à -3°C, suivie d'une distillation.

Le cyanure d'hydrogène peut être fabriqué comme sous-produit lors de la synthèse de l'acrylonitrile à partir de propylène et d'ammoniac réagissant avec l'air, ou par synthèse directe à partir de méthane et d'ammoniac réagissant avec l'air, en présence d'un catalyseur (platine).

Le cyanure de calcium est obtenu en chauffant du cyanamide de calcium avec du carbone, à une température supérieure à 1 000°C. Il peut également être obtenu en neutralisant de la chaux avec du cyanure d'hydrogène.

Le cyanure de potassium est formé en faisant réagir du carbonate de potassium avec du carbone et de l'ammoniac ou du cyanure d'hydrogène avec de l'hydroxyde de potassium.

Le **cyanure de sodium** est obtenu en faisant réagir du carbonate de sodium avec du carbone et de l'ammoniac ou du cyanure d'hydrogène avec de l'hydroxyde de sodium. Il peut également être formé en chauffant un amide de sodium en présence de carbone ou en faisant fondre un mélange de chlorure de sodium et de cyanamide de calcium.

Le **cyanure d'ammonium** peut être préparé en solution en faisant réagir du cyanure d'hydrogène avec une solution aqueuse d'ammoniac, à basse température. Il peut aussi être préparé à sec en chauffant légèrement un mélange de cyanure de potassium ou de ferrocyanure avec du chlorure d'ammonium, puis en refroidissant la vapeur formée.

Utilisation générale

Les cyanures sont utilisés (Sax, 1989) :

- dans la formulation de pesticides, des rodenticides.
- dans des produits désinfectants.
- pour le polissage des métaux et de l'argent et autres processus de métallurgie, les solutions de photographie. (Sax, 1989)
- dans la fabrication d'acrylonitrile, de méthyl méthacrylate, d'adiponitrile, de sels de cyanures, de chlorure cyanurique, et de teintures.
- dans la production des fibres synthétiques et plastiques.
- pour extraire les métaux.

Plus précisément, les principales formes du cyanure sont utilisées dans les applications suivantes (INERIS, 2011) :

Le **cyanogène** est utilisé en synthèse organique. Il est employé comme gaz combustible pour le soudage ou le découpage de métaux résistants à la chaleur. Il est également utilisé pour la propulsion de missiles et de fusées.

Le **chlorure de cyanogène** est utilisé en synthèse chimique. Il est employé pour le nettoyage des métaux, pour la production d'herbicides (triazine), dans la fabrication de caoutchouc et de teintures synthétiques, pour le raffinage des minerais et comme nettoyant pour optique.

Le **cyanure d'hydrogène** est utilisé en synthèse organique. Il est employé pour la fabrication d'acrylonitrile, de dérivés acryliques, de chlorure de cyanogène de percyanooléfinés et de cyanures métalliques. Il est également utilisé comme insecticide et raticide, en fumigation dans des espaces clos (stockages de grain, entrepôts).

Le **cyanure de calcium** est utilisé dans la fabrication d'autres cyanures. Il est employé dans le traitement des minerais pour l'extraction de l'or et l'argent, dans les aciers inoxydables et pour la cémentation de l'acier. Il est également employé comme insecticide, fongicide et raticide.

Les **cyanures de potassium et de sodium** sont employés dans la fabrication de cyanogène. Ils sont utilisés en galvanoplastie, en photographie, dans la fabrication de pigments, de produits pharmaceutiques, pour la cémentation de l'acier, dans le traitement des minerais pour l'extraction de l'or et l'argent.

Le **cyanure d'ammonium** peut être utilisé dans la fabrication des aminonitriles.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

L'utilisation spécifique des cyanures dans les procédés des industries du secteur 3 n'est pas documentée dans les références consultées.

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :

Les cyanures n'ayant pas été analysés dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à leur sujet.

Présence de cyanure dans d'autres rejets industriels (Ecologie.gouv.fr, 2009)

- *Chimie et parachimie* : 380,9 kg/an
- *Bois, papiers et cartons* : 967 kg/an
- *Déchets et traitements* : 156 kg/an
- *Pétrole et gaz* : 113,8 kg/an
- *Sidérurgie, métallurgie et coke* : 924 kg/an
- *Non définis* : 4.092 kg/an

Présence dans l'environnement

Les composés HCN et ions CN⁻ libres semblent résistants à la photolyse, par contre elle est capable d'agir sur les ferrocyanures pour libérer du HCN. (INERIS, 2011)

Compartiment atmosphérique

Les cyanures dans l'atmosphère se présentent essentiellement sous la forme gazeuse HCN. Ce composé a un faible taux de dégradation dans l'air et est très résistant à la photolyse. Les réactions de dégradation les plus importantes sont celles avec les radicaux hydroxylés générés photochimiquement, suivies par une oxydation rapide conduisant à la production de monoxyde de carbone et d'oxyde nitrique. La plupart du cyanure d'hydrogène relargué dans l'atmosphère reste dans la couche la plus basse (la troposphère). Il semble également que ce composé soit faiblement re-déposé sous forme solide. La demi-vie de HCN dans l'atmosphère peut être évaluée entre 1,4 et 2,9 années. (INERIS, 2011)

Les concentrations ubiquitaires sont d'environ 0,2 µg/m³ dans l'air (INERIS, 2011)

Eau / sédiments

Dans l'eau, les cyanures sont essentiellement présents sous la forme HCN, composé hautement soluble. A des pH <8, la forme cyanure libre est retrouvée à plus de 93%. (INERIS, 2011). Les cyanures pourraient persister dans les eaux souterraines. (INERIS, 2011)

Ils peuvent également se présenter sous la forme ion cyanure, KCN, NaCN ou CaCN ou encore sous la forme de complexes métallo-cyanures de stabilité variable. HCN et cyanures libres sont en équilibre en fonction du pH et de la température. Les formes alcalines des complexes métallo-cyanures sont très solubles dans l'eau et leur dissociation est rapide. La proportion de HCN formé suite à cette dissociation est alors fonction du pH : lorsque celui-ci décroît, la proportion d'HCN formé augmente. Le CNCl peut être formé dans l'eau potable lors de l'interaction de substances humiques avec la chloramine, formée lors de la chloration des eaux. Dans la plupart des eaux naturelles, la température n'est pas assez élevée et le pH trop neutre (entre 4 et 9) pour observer une transformation significative des cyanures et de leurs dérivés (INERIS, 2011)

La biodégradation est un mécanisme important pour la transformation des cyanures dans les eaux de surface. Le mécanisme de biodégradation est contrôlé par la concentration en cyanure, le pH, la température, la concentration et la disponibilité des nutriments pour les souches dégradantes. (INERIS, 2011)

En dépit d'une importante solubilité du cyanure d'hydrogène, le transport de ce composé par l'eau de pluie semble négligeable. Dans les eaux souterraines, la volatilisation des cyanures n'est pas importante et, en conséquence, ils pourraient persister dans ce milieu. (INERIS, 2011)

Bien que les cyanures soient faiblement retenus dans les sols, ils ne sont généralement que peu retrouvés dans les eaux souterraines, probablement du fait d'une dégradation de ces composés par les microorganismes. Des teneurs significatives en cyanures pourront être détectées dans les eaux souterraines au droit de sites dont les teneurs dans les sols sont toxiques pour les microorganismes. (INERIS, 2011)

Les concentrations ubiquitaires sont d'environ 3,5 µg/l dans les eaux de surface. (INERIS, 2011)

Sols

Les cyanures peuvent être présents dans les sols sous la forme HCN, métallo-cyanures alcalins ou complexes métallo-cyanures immobiles. Les cyanures sont moyennement mobiles dans les sols. Leur mobilité est d'autant plus faible que le pH est bas et que la teneur en oxydes de fer, particules chargées positivement et argile est élevée. De façon analogue à la dégradation des cyanures dans les eaux de surface, la biodégradation des cyanures dans les sols serait contrôlée par la concentration en cyanure, le pH, la température, la concentration et la disponibilité des nutriments pour les souches dégradantes. (INERIS, 2011)

Dans les sols, les cyanures présents à faible concentration se dégradent avec formation initiale d'ammoniac transformé en nitrites et nitrates, en présence de bactéries nitrifiantes. En ce qui concerne les composés chlorés, la biodégradation n'est pas considérée comme significative en comparaison à la volatilisation. (INERIS, 2011)

Les cyanures pourraient persister dans les sols. (INERIS, 2011)

PRÉSENCE POTENTIELLE DANS LES DÉCHETS

Résumé des origines possibles des cyanures dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence certaine de la substance dans les déchets suivants :

06 Déchets des procédés de la chimie minérale

06 03 Déchets provenant de la FFDU de sels et leurs solutions et d'oxydes métalliques
06 03 11* sels solides et solutions contenant des cyanures

08 Déchets provenant de la FFDU de produits de revêtement (peintures, vernis et émaux vitrifiés), mastics et encres d'impression

08 05 Déchets non spécifiés ailleurs dans le chap. 08
08 05 01* déchets d'isocyanates

11 Déchets provenant du traitement chimique de surface et du revêtement des métaux et autres matériaux, et de l'hydrométallurgie des métaux non ferreux

11 03 Boues et solides provenant de la trempe
11 03 01* déchets cyanurés

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

01 Déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux

01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
01 03 05* autres stériles contenant des subst. dangereuses
01 03 07* autres déchets contenant des subst. dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères

06 Déchets des procédés de la chimie minérale

06 05 Boues provenant du traitement in situ des effluents
06 05 02* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges
19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**EAUX (AQUAREF, 2010)****Prélèvements et conditionnement**

Conditionnement en flacons en polyéthylène et conservation à 4°C ± 3. Aucun conservateur ne doit être introduit.

- Protocole : 500 mL, eau réfrigérée entre 1 °C et 5 °C
- Nature du contenant de stockage : verre
- Lavage du contenant : Sur le terrain, avec l'eau à prélever

Le prélèvement, effectué à l'aide d'un préleveur automatique réfrigéré, doit être réalisé en flacons en polyéthylène préalablement lavés à l'eau ou à l'eau du lieu de prélèvement. Une fois le prélèvement réalisé, il est nécessaire d'ajouter de la soude afin d'obtenir un pH supérieur à 10. Les échantillons ainsi stabilisés sont ensuite conservés à 4 ± 3°C. Les analyses doivent être réalisées dans un délai inférieur à un mois après le prélèvement.

Conservation

En l'absence de conservateur, il est recommandé de procéder à l'analyse sous 48h.

Préparation/extraction

Séparation par entraînement à l'azote de HCN de l'échantillon aqueux après traitement par de l'EDTA et des sulfates de zinc et de Cd à pH 3,9.

La quantité des réactifs utilisés pour 200 mL d'eau reste identique à celle mise en œuvre pour 100 mL contrairement à ce qui est décrit dans la norme.

Absorption de HCN libéré dans 30 mL de soude 0,1 M

Entraînement pendant 4h comme demandé dans la norme. Toutefois, l'extraction n'est pas totale ; elle est de l'ordre de 50 à 60% après 4h.

Le procédé de déplacement des cyanures est réalisé à l'aide de la verrerie classique servant pour les distillations. Le protocole est très proche de celui décrit dans la norme. Il est décrit ci-dessous.

- ✓ Introduire, dans cet ordre, dans le ballon de distillation :
 - 10 mL de la solution à 100 g.L⁻¹ en sulfate de zinc (ZnSO₄, 7H₂O) et en sulfate de cadmium (3CdSO₄, 8H₂O)
 - 10 mL de la solution d'EDTA (100 g d'EDTA dihydraté pour 940 mL d'eau chaude)
 - 50 mL de la solution tampon d'hydrogénophosphate de potassium (C₈H₅KO₄) à pH 4 (80 g pour 920 mL d'eau chaude)
 - 200 mL de l'échantillon
- ✓ Ajuster le pH à 3,9 à l'aide de soude ou d'acide chlorhydrique.
- ✓ Une fois le pH ajusté, introduire 0,3 g de poussières de zinc dans le ballon.
- ✓ Un flacon absorbeur contenant 30 mL de soude 0,1 M est relié à l'ampoule. Une fois cette connexion faite, le débit d'azote est ajusté aux alentours de 60 L.h⁻¹.
- ✓ Le déplacement est stoppé au minimum après 4h.

Il est possible de doser les cyanures sous 3 formes :

- ✓ **Les cyanures libres** : ions cyanures directement disponibles en solution obtenus après distillation à pH 3,8 en présence de sulfate de zinc.
- ✓ **Les cyanures aisément libérables** : composés qui contiennent des groupes cyanogènes pouvant former de l'acide cyanhydrique à pH 4 et sous reflux en présence d'EDTA, de sulfate de zinc et de cadmium.
- ✓ **Les cyanures totaux** : somme des cyanures libres, des cyanures aisément libérables et des complexes métalliques cyanurés. Les cyanures complexes sont décomposés dans un flux continu à un pH de 3,8 sous l'effet de rayons UV.

Méthode de dosage

Chromatographie d'échange d'ions couplée à un détecteur ampérométrique

- LQ = 0,51 µg CN.L⁻¹

NORMES D'ANALYSE DANS LES EAUX**NF T 90-107 Qualité de l'eau - Détermination de l'indice cyanure – août 2002****Domaine d'application**

La méthode est applicable aux eaux dans lesquelles la teneur en cyanures, exprimée en ion cyanure (CN⁻) est supérieure à 0,01 mg/L. L'application stricte du mode opératoire décrit dans cette méthode permet de doser la totalité des cyanures alcalins A(CN)_x, une fraction importante, voire la totalité, des cyanures métalliques doubles AyM(CN)_x où A est un ion alcalin et M un autre métal.

En revanche, cette méthode ne permet pas l'analyse des cyanates, thiocyanates et chlorure de cyanogène.

Principe

Décomposition des cyanures complexes par chauffage à reflux en présence de sulfate de cuivre, de chlorure d'étain et d'acide sulfurique. Entraînement de l'acide cyanhydrique libéré par un courant gazeux. Cet acide cyanhydrique est recueilli dans une solution d'hydroxyde de sodium.

Transformation des ions cyanures par addition de chloramine T et réaction du chlorure de cyanogène formé sur le réactif pyridine-phényl-1 méthyl-3 pyrazolone-5 (réaction d'Epstein).

Mesure spectrophotométrique de la quantité de complexe formé à une longueur d'onde proche de 620 nm.

Interférences

- ✓ Les acides gras peuvent créer des interférences lors de l'analyse.

NF EN ISO 14403 Qualité de l'eau - Dosage des cyanures totaux et des cyanures libres par analyse en flux continu (CFA) - mai 2002**Domaine d'application**

La méthode est applicable pour le dosage des cyanures présents dans divers types d'eaux, tels qu'eau souterraine, eau potable, eau de surface, éluat et eaux usées, en concentration généralement supérieure à 3 µg/L, exprimée en ions cyanures.

La méthode CFA est applicable à une gamme de concentrations comprises entre 10 et 100 µg/L.

Principe

Dosage des cyanures totaux : Pour le dosage des cyanures complexes, décomposition de ceux-ci dans un flux continu sous l'effet de rayons UV à pH 3,8. A ce pH, le cyanure d'hydrogène formé (HCN) est séparé par distillation en ligne ou par diffusion gazeuse à travers une membrane hydrophobe et dosé en ligne par spectrophotométrie. Ce dosage repose sur la transformation des ions cyanures par addition de chloramine T et réaction du chlorure de cyanogène formé sur le réactif pyridine-4-carbonique et à l'acide diméthyl-1,3-barbiturique pour former une coloration rouge.

Dosage des cyanures libres :

Pour le dosage des cyanures libres, les rayons UV ne sont pas nécessaires. La distillation est réalisée en présence de sulfate de zinc afin de précipiter les cyanures de fer présents sous forme de complexes de cyanoferrate de zinc.

Interférences

- ✓ Les agents oxydants tels que le chlore, les sulfures à une concentration supérieure à 60 mg/L, des sels à une concentration supérieure à 10 g/L, les aldéhydes, les thiocyanates, des particules de plus de 0,1 mm sont autant de sources d'interférences répertoriées soit pour le dosage photométrique, soit dans le processus de distillation.

ISO 6703-2 : 1984 Qualité de l'eau - Dosage des cyanures – partie 2 : dosage des cyanures aisément libérables - septembre 1984.**Domaine d'application**

La méthode est applicable pour le dosage des cyanures aisément libérables (sous forme d'ions cyanures) présents dans les eaux résiduaires urbaines et les effluents industriels, en concentration généralement inférieure à 50 mg/L.

La méthode CFA est applicable à une gamme de concentrations comprises entre 10 et 100 µg/L.

Principe

Trois méthodes existent en fonction de la concentration en cyanures aisément libérables.

- méthode spectrométrique à la pyridine et l'acide barbiturique pour une concentration comprise entre 0,002 et 0,025 mg d'ions cyanures,
- méthode titrimétrique par effet Tyndall pour une concentration supérieure à 0,005 mg d'ions cyanures,
- méthode titrimétrique par indicateur pour une concentration supérieure à 0,05 mg d'ions cyanures

Interférences

- ✓ Un très grand nombre de composés interfèrent dans ces différents dosages.

ISO 6703-3 : 1984 Qualité de l'eau - Dosage des cyanures – partie 3 : dosage du chlorure de cyanogène- septembre 1984.**Domaine d'application**

La méthode est applicable à une gamme de concentration en chlorure de cyanogène comprise entre 0,02 et 15 mg/L.

Principe

Il s'agit d'une méthode de dosage des cyanures sous forme de chlorure de cyanogène par ajout de chlorure d'étain à l'échantillon et entraînement du chlorure de cyanogène libéré à pH 5,4 et à température ambiante par un courant d'air dans une solution absorbante contenant de la pyridine et de l'acide barbiturique. Le dosage se fait ensuite par spectrophotométrie par réaction avec la chloramine-T.

Interférences

- ✓ Il est reconnu que les aldéhydes interfèrent pour cette méthode.

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Aucune information spécifique aux cyanures n'a été trouvée dans les sources consultées.

Ces informations sont cependant certainement disponibles

RÉFÉRENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_generale_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

AQUAREF Cyanures libres et cyanures aisément libérables - dosage dans les eaux naturelles - Méthodes d'analyse [En ligne] // AQUAREF. - 2010. - version du 15/05/2010. - <http://www.aquaref.fr/>. - Fiche MA 11 .

Carlo Erba Guide des produits chimiques [Ouvrage] = Section IV - Tables / éd. Erba Carlo. - 2009. - pp. pages 801-802.

Chemfacts Cyanide compounds [En ligne] // Chemfacts. - 2011. - <http://www.nmenv.state.nm.us/aqb/projects/openburn/CChemfacts/cyanidec.pdf>.

Ecologie.gouv.fr Cyanures [En ligne] // Registre français des émissions de polluants. - 2009. - mars 2011. - <http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php?adr=http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/SYNTH/2009/54>.

INERIS Cyanures et dérivés - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2011. - Mise à jour du 29/09/2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/696>. - 72 pages.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

Sax N.I., Dangerous properties of industrial materials. [Ouvrage]. - [s.l.] : 7th ed. Toronto: Van Nostrand Reinhold, 1989.

DIOXINES

DESCRIPTIF

Familles : Dioxines

POPs

Les dioxines constituent une famille de, selon les auteurs, plus de 210 congénères dont certaines sont connues pour être cancérogènes (en particulier la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine dite "dioxine de Seveso"). Certaines substances, chimiquement proches, sont parfois assimilées aux dioxines par la réglementation, c'est en particulier le cas des "PCB dioxin-like".

Les dioxines n'ont pas été synthétisées volontairement pour des usages industriels mais sont en général néoformées involontairement, par exemple lors de la combustion de matières organiques en présence de chlore. La problématique des dioxines étant principalement celle des rejets des cheminées, la réglementation et les méthodes de prélèvement et d'analyse existantes sont liées à ce type de matrice.

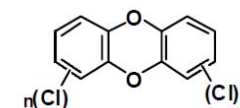
Les dioxines ne font pas l'objet de dossiers officiels ni de fiches de données de sécurité (INERIS, RSDE, INRS, US EPA...). On ne trouve rien non plus à leur sujet sur le site d'AQUAREF. De plus, si elles ont pu être quantifiées dans certains déchets (mâchefers d'UIOM, cendres...) elles n'ont pas - ou rarement, été dosées dans les rejets industriels en France. Les données sur leur caractérisation physico-chimique, leur analyse dans les eaux usées et les boues, sont donc difficilement accessibles.

Il existe 22 isomères possibles de la tétrachlorodibenzo-p-dioxine. L'abréviation TCDD est généralement utilisée pour désigner la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine, sans exclure l'existence des 21 autres tétra-isomères. La TCDD destinée à être utilisée comme étalon dans les études chimiques et toxicologiques peut être préparée par condensation catalytique du 2,4,5-trichlorophénate de potassium. (ILO)

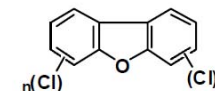
La TCDD est un solide très peu soluble dans les solvants habituels et l'eau (0,2 ppb) et elle est très résistante à la décomposition thermique. En présence d'un donneur d'hydrogène, elle subit une photodécomposition rapide. Une fois incorporée dans le sol et les systèmes aquatiques, elle ne se déplace pratiquement plus. (ILO)

La famille des dioxines regroupe :

- les polychlorodibenzo-para-dioxines (PCDD)



- les polychlorodibenzofuranes (PCDF).



<u>Nom</u>	<u>Formule</u>	<u>n° CAS</u>
2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCD) : la plus toxique	$C_{12}H_4O_2Cl_4$	1746-01-6

Propriétés physico-chimiques :

congénères									
Masse molaire g/mol									
Solubilité dans l'eau									
Pression de vapeur (mm Hg)									
Temps de ½ vie dans le sol									
Temps de ½ vie dans l'eau									
C ^{sté} de Henry									
Log Kow									
Koc									

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

Tendance à se concentrer dans les boues et dans la fraction organique des sols (INERIS, 2006)

Toxicité et écotoxicité :**Eaux de surface intérieures**

NQE-MA⁵⁵² : µg/l

NQE-CMA⁵⁵³ : sans objet (Dir. 2008/105/CE)

(uniquement pour les congénères 28,47, 99, 100,153 et 154)

LQ : - -

Note : NQE / LQ

PNEC_{eau douce} : - -

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

La dioxine n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁵⁵⁴

- **Oxydation par voie humide (OVH)** : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité, généralement en amont d'un traitement biologique

- Traitement possible par **adsorption ou par traitement à l'ozone**

⁵⁵² NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle

⁵⁵³ NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible

⁵⁵⁴ Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION**Réglementation européenne**

- **DCE : Directive 2008/105/CE** du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵⁵⁵
 - Les dioxines sont listées dans l'Annexe III "Substances soumises à révision pour leur possible identification comme substance prioritaire ou comme substance dangereuse prioritaire".
 - Pas de NQE établie
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁵⁵⁶.
 - Les dioxines ne sont pas concernées
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau 0,0001 kg/an⁵⁵⁷ pour les PCDD + PCDF (dioxines + furannes exprimées en Teq)
Pour les installations d'incinération de déchets non dangereux de capacité supérieure à 3 tonnes par heure et les installations d'incinération de déchets dangereux de capacité supérieure à 10 tonnes par jour, ce seuil est fixé à 0.
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁵⁵⁸
 - Annexe C : "Production non-intentionnelle" ; des mesures doivent être prises pour limiter les émissions non intentionnelles avec pour objectif l'élimination totale de ces substances
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Les dioxines ne font pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁵⁵⁹
 - Les dioxines ne sont pas concernées
- **Communication de la Commission, du 24 octobre 2001, au Conseil, au Parlement européen et au comité économique et social. Stratégie communautaire concernant les dioxines, les furannes et les polychlorobiphényles (Journal officiel C 322 du 17.11.2001)**⁵⁶⁰

⁵⁵⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁵⁵⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁵⁵⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129

⁵⁵⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁵⁵⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁵⁶⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2001:0593:FIN:FR:PDF>

NEOFORMATION ET EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes, sont produits et rejetés **involontairement** lors de **procédés thermiques faisant intervenir des matières organiques et du chlore**, du fait d'une combustion incomplète ou de réactions chimiques. Les catégories suivantes de sources industrielles ont un potentiel relativement élevé de production et de rejet de ces substances dans l'environnement⁵⁶¹ :

- a) Les incinérateurs de déchets, y compris les co-incinérateurs de déchets municipaux, dangereux ou médicaux, ou de boues d'épuration ;
- b) Le brûlage de déchets dangereux dans des fours en ciment ;
- c) La production de pâte utilisant le chlore élémentaire, ou des substances chimiques générant du chlore élémentaire, pour le blanchiment ;
- d) Les procédés thermiques suivants dans l'industrie métallurgique :
 - Production secondaire de cuivre ;
 - Installations de frittage de l'industrie métallurgique ;
 - Production secondaire d'aluminium ;
 - Production secondaire de zinc.

Les polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes, peuvent également être produits et rejetés involontairement par les catégories de sources suivantes, notamment :

- La combustion à ciel ouvert de déchets, y compris dans les décharges ;
- Les procédés thermiques de l'industrie métallurgique autres que ceux mentionnés plus haut ;
- Les sources de combustion résidentielles ;
- La combustion de combustibles fossiles dans les chaudières de centrale et les chaudières industrielles ;
- Les installations de brûlage de bois et de combustibles issus de la biomasse ;
- Les procédés spécifiques de production de substances chimiques entraînant des rejets de polluants organiques persistants produits involontairement, notamment la production de chlorophénols et de chloranile ;
- Les fours crématoires ;
- Les véhicules à moteur, notamment ceux utilisant de l'essence au plomb ;
- La destruction de carcasses d'animaux ;
- La teinture des textiles ou du cuir (au chloranile) et la finition (extraction alcaline) ;
- Les installations de broyage des épaves de véhicules ;
- Le chauffage lent de câbles en cuivre ;
- Les raffineries d'huiles usées.

Les déchets de ces activités pourront donc être contaminés par les polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes.

Le **2,4,6-trichlorophénol** est, de par son procédé de fabrication, contaminé par les dioxines, telle la 2,3,7-trichlorodibenzo-p-dioxine, la 1,3,7,9-tétrachlorodibenzo-p-dioxine ou encore la 1,3,6,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine, et d'autres polluants tel que le 2,3,7,8-tétrachlorodibenzofurane ou les polychlorodibenzofuranes (Jourdain, et Al, 2007) - son utilisation est donc source d'émission de traces de dioxines. D'autres composés des chlorophénols sont contaminés par des dioxines

Des auteurs rapportent qu'après des réactions industrielles d'hydrolyse du 1,2,4,5-tétrachlorobenzène sous pression, le résidu a explosé, probablement à cause d'une surchauffe. Le produit formé est de bis(4,5-dichlorobenzène)dioxine. (Leleu, et al., 2004)

Le **pentachlorophénol** utilisé industriellement contient de l'ordre de 85% de PCP, les autres composés étant un grand nombre d'impuretés, principalement du tétrachlorophénol, et parmi d'autres de l'hexachlorobenzène (autre substance dangereuse prioritaire de la DCE), des polychlorodibenzo-p-dioxines et des polychlorodibenzofuranes (INERIS, 2005).

⁵⁶¹ Décret n°2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse**

La dioxine n'est pas connue pour être synthétisée volontairement

Utilisation

La structure chimique de la TCDD a été déterminée en 1956 par Sandermann et ses collaborateurs qui ont été les premiers à la synthétiser. Le technicien de laboratoire qui travaillait à cette synthèse a été hospitalisé avec une chloracné très grave. (ILO)

La 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD) **n'est pas fabriquée industriellement**, mais elle constitue une **impureté du 2,4,5-tri-chlorophénol**. Des traces infimes peuvent également être présentes dans l'herbicide 2,4,5-T et dans un agent antibactérien, l'hexachlorophène, qui sont produits à partir du trichlorophénol. (ILO)

La TCDD est un sous-produit de la synthèse du 2,4,5-tri-chlorophénol par hydrolyse alcaline du 1,2,4,5-tétrachlorobenzène ; elle se forme par condensation de deux molécules de trichlorophénate de sodium. Lorsque la température et la pression réactionnelles sont scrupuleusement respectées, le 2,4,5-trichlorophénol brut contient moins de 1 mg/kg et au maximum 5 mg/kg de TCDD (1 à 5 ppm). A température élevée (230 à 260°C), il s'en forme de plus grandes quantités. (ILO)

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Dans l'environnement, la TCDD se forme principalement par réaction thermique soit lors de la synthèse du 2,4,5-trichlorophénol, soit lors de la combustion de produits chimiques susceptibles de contenir des précurseurs des dioxines. La TCDD est potentiellement produite lors de la production du trichlorophénol et de ses dérivés (2,4,5-T et hexachlorophène), pendant leur incinération et pendant l'utilisation et la manipulation de ces composés chimiques (herbicides) et de leurs déchets et résidus. (ILO)

On peut aussi trouver de la TCDD dans les **cendres volantes ou de gaz de combustion** d'incinérateurs municipaux et d'installations de chauffage industriel, lors de la combustion de matières carbonées en présence de chlore ou encore dans des terres contaminées lors de l'exhumation de déchets chimiques. (ILO)

Rejets industriels (Ministère de l'Environnement, 1998)

Les émissions de dioxines proviennent de quatre sources :

- industrie chimique (Production ou utilisation de produits chlorés) ;
- procédés thermiques et de combustion (utilisation de combustibles, incinération, traitements thermiques...);
- processus anarchiques (notamment dans les composts), à partir de précurseurs ;
- émissions secondaires, à partir de « sources-réservoirs ».

Source	µg I-TEQ de dioxines et furanes émis dans l'air µg I-	TEQ de dioxines et furanes dans les cendres et autres résidus
Incinération d'une tonne de déchets solides municipaux	0,5 à 3.500	1,5 à 500
Incinération d'une tonne de déchets dangereux	0,75 à 35.000	30 à 9.000
Incinération de déchets d'hôpitaux	1 à 40.000	20 à 920
Incinération d'une tonne de fractions légères issues du tri de déchets broyés	1 à 1000	au moins 150
Incinération d'une tonne de boues d'épuration	0,4 à 50	0,5 à 23

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :

La dioxine n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Présence dans l'environnement

Compartment atmosphérique (Programme des Nations Unies sur l'Environnement)

- Incinération de déchets ménagers - C'est la principale source de dioxines dans l'air, contribuant selon les données actuelles pour environ 30% aux émissions totales.
- Industrie sidérurgique - La production d'agglomérats de minerai de fer (85 à 90%) et les fours à acier électrique sont les principales sources d'émissions de dioxines.

Eau & sédiments (Programme des Nations Unies sur l'Environnement)

- Incinération sidérurgique
- La production de pâte à papier
- Autres industries - production de chlore, de polychlorure de vinyle (PVC), l'incinération des déchets ménagers (lavage des gaz)

D'une manière générale, la capacité de mobilisation d'un contaminant organique à partir d'un sédiment est d'autant moins grande que l'hydrophobicité et l'affinité avec la matière organique (Koc) du contaminant sont importantes, que le sédiment possède une teneur en matières organiques élevée et une texture fine, et que le temps de contact particule-molécule augmente. Globalement, les constantes de désorption rapide et lente des HAPs, PCBs et chlorobenzènes sont du même ordre de grandeur ($k_{rap}=10^{-1}/h$ et $k_{low}=10^{-3}/h$). Les composés hydrophobes chlorés se désorbent très lentement et peuvent apparaître réfractaire à la désorption. Ces composés étant très faiblement biodégradables, ils peuvent donc persister dans les sédiments, même si les sédiments sont soumis à des processus de remise en suspension/oxydation. La disparition de certains composés de type PCDDs et PCBs peut prendre plusieurs années ou dizaine d'années. (Bonnet, 2010)

Résumé des origines possibles des dioxines dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence certaine de dioxines dans les déchets suivants :

10 Déchets provenant de procédés thermiques

10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier

- 10 02 07* déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets

- 19 01 05* gâteau de filtration provenant de l'épuration des fumées
- 19 01 07* déchets secs de l'épuration des fumées
- 19 01 10* charbon actif usé provenant de l'épuration des gaz de fumées
- 19 01 13* cendres volantes contenant des subst. dangereuses

Présence possible de dioxines dans les déchets suivants :

10 Déchets provenant de procédés thermiques

10 01 Déchets de centrales électriques et autres installations de combustion (sauf chap. 19)

- 10 01 01 mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière de la rubrique 10 01 04)
 - 10 01 02 cendres volantes de charbon
 - 10 01 03 cendres volantes de tourbe et de bois non traité
 - 10 01 04* cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
 - 10 01 13* cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
 - 10 01 14* mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 16* cendres volantes provenant de la coïncinération contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 18* déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 20* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 10 01 22* boues aqueuses provenant du nettoyage des chaudières contenant des subst. dangereuses
- 10 02 Déchets provenant de l'industrie du fer et de l'acier
- 10 02 08 déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que la rubrique 10 02 07
 - 10 02 11* déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
 - 10 02 12 déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que la rubrique 10 02 11
 - 10 02 13* boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des subst. dangereuses

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
- 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
- 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
- 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 01 Déchets de l'incinération ou de la pyrolyse de déchets
- 19 01 11* mâchefers contenant des subst. dangereuses
- 19 01 15* cendres sous chaudière contenant des subst. dangereuses
- 19 01 17* déchets de pyrolyse contenant des subst. dangereuses
- 19 01 18 déchets de pyrolyse autres que la rubrique 19 01 17
- 19 02 Déchets des traitements physico-chimiques des déchets (déchromatation, décyanuration, neutralisation)
- 19 02 07* hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
- 19 02 08* déchets combustibles liquides contenant des subst. dangereuses
- 19 02 09* déchets combustibles solides contenant des subst. dangereuses
- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines
- 19 11 Déchets provenant de la régénération de l'huile
- 19 11 07* déchets provenant de l'épuration des gaz de combustion

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 26* huiles et matières grasses autres que celles de la rubrique 20 01 25

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

DOSAGE DANS LES EAUX DOUCES PAR BIOCAPTEURS A RECEPTEURS OESTROGENIQUES

(Lagarde, et al., 2010)

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui entraînent des dérèglements hormonaux et des anomalies du système endocrinien, voire du système nerveux. Certains agissent sur la synthèse des hormones endogènes ou de leurs récepteurs. D'autres possèdent une structure voisine des œstrogènes et se lient à leurs récepteurs, conduisant à l'inactivation ou à un fonctionnement anormal de ces derniers.

Un grand nombre de molécules possèdent de tels effets, comme les hormones de synthèse ou des substances chimiques comme les phtalates, les surfactants, les PCB, les alkylphénols, les parabènes, les HAP, les dioxines et certains pesticides. À ce jour, 320 substances prioritaires susceptibles de perturber le système endocrinien ont été répertoriées par l'Union européenne. Certaines d'entre elles (nonylphénol, di-2-éthylhexylphthalate et les éthers diphenyl-polybromés) ont été incluses dans la liste des substances prioritaires de la Directive-cadre sur l'eau. Une revue récente a été consacrée à l'utilisation des biocapteurs pour le suivi environnemental des perturbateurs endocriniens.

Les biocapteurs de toxicité exploitent les capacités de fixation de ces substances sur des récepteurs œstrogéniques immobilisés à la surface d'un transducteur. Le récepteur œstrogénique d'origine humaine est le plus souvent utilisé. Différents modes de transduction comme la fluorescence, la voltamétrie cyclique, la SPR, la mobilité électrophorétique, ont été proposés. Des systèmes portables, essentiellement basés sur une détection par SPR ont par ailleurs été développés. Récemment, un biocapteur comportant des nanotubes de carbones fonctionnalisés avec le récepteur œstrogénique humain de type α et utilisant un transistor à effet de champ comme transducteur a été proposé. Le temps de réponse est extrêmement rapide (2 min).

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Traitement à l'ozone

Le BREF du traitement des déchets indique que les eaux résiduaires fortement polluées peuvent être traitées avec de l'ozone seul ou avec de l'ozone et des ultraviolets en combinaison avec des procédés de traitement biologique.

L'oxydation avec de l'ozone seul ou en combinaison avec des rayons UV permet une réduction de la concentration en dioxines. (WT, 2006)

Oxydation par voie humide

Le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique site comme variante d'oxydation à l'air humide à haute pression la technique CWO. Cette technique est employée pour les polluants à faible biodégradabilité et/ou toxicité élevée dans les industries chimiques, pétrochimique et pharmaceutique. Un taux de performance supérieur à 99% est cité pour les dioxines par cette technique (CWW, 2003).

REFERENCES

Bonnet C. Développement de bioessais et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés [Rapport] : Thèse de Doctorat / UFR Sciences Fondamentales et Appliquées ; Université de Metz. - 2010. - p. 326 pages. - Thèse disponible sur : www://lyon.cemagref.fr/lyon/doc/these/thbonnet/hpthbonnet.html.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

ILO Hydrocarbures aromatiques halogénés [En ligne] // ILO - Organisation Mondiale du travail. - 2011. - http://www.ilo.org/safework_bookshelf/french?content&nd=857171274. - SafeWork Bookshelf.

INERIS Pentachlorophénol - Données technicoéconomiques sur les substances chimiques en France [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/>. - 14 pages.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC – 05 – 66015 – CHEN – 06.0086 / BLe.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Jourdain M-J. et Charissou A-M. Etat des connaissances sur le devenir de polluants organiques dans les sols lors de la biodégradation naturelle et après biotraitements [Rapport] = Identification des composés métabolites et des cinétiques / IRH Environnement ; RE.CO.R.D. - 2007. - p. 149 pages. - Etude n°05-0513/1A.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Leleu J. et Triolet J. Réactions chimiques dangereuses [Rapport] / INRS. - 2004. - p. 407 pages. - ED 697.

Ministère de l'Environnement Annexe technique à la recommandation "Dioxines" [Rapport]. - 1998.

Programme des Nations Unies sur l'Environnement Outil spécialisé (Toolkit) pour l'identification des rejets de dioxines et des furannes - Version préliminaire de Janvier 2001) : [En ligne]. - <http://www.chem.unep.ch/pops/pdf/toolkit/toolkitfr.pdf>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.

PERFLUOROOCCTANE (PFOS) ET SES SELS

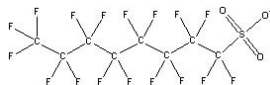
DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**

562 :

- 1-perfluorooctanesulfonique acid
- 1-octanesulfonique acid
- sulfonate de perfluorooctane
- PFOS - SPFO

Formule semi-développée : C₈F₁₇SO₂**N° CAS :**

- Acide perfluoro-octane-sulfonique (PFOSH) : **1763-23-1**
- Sel d'ammonium (PFOS, NH₄⁺) : **29081-56-9**
- Sel de potassium (PFOS, K⁺) : **2795-39-3**

Formule développée**Famille :**

Composés perfluorés
Composés alkylperfluorés
PFCs (PerFluoro organic Compounds)
Tensioactifs
POP

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : forme acide : 500 g/mol (Chateau, et al., 2005)
pour le sel de potassium : 538 g/mol (Chateau, et al., 2005)

Solubilité dans l'eau : 370 mg/L (Chateau, et al., 2005)

Pression de vapeur : PFOS, K⁺ : 3,31 10⁻⁴ Pa (Chateau, et al., 2005)

Point éclair : 133°C (Chateau, et al., 2005)

Temps de ½ vie (sans précision) : 41 ans (Substance persistante, aucune dégradation chimique, microbienne ou photolytique) (Chateau, et al., 2005)

Constante de Henry : 3,19.10⁻⁴ Pa.m³/mol (Chateau, et al., 2005)

Log Kow : 4,88 (calculé à partir du BCF poissons) (INERIS, 2010)
mesure impossible (car **tensioactifs**) (Chateau, et al., 2005)

Koc : < 2.10⁻⁶ l/kg (dans l'eau pure) (Chateau, et al., 2005)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

• - -

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

Aucun métabolite connu : substance persistante

Toxicité et écotoxicité :

NQE : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE)

Note : NQE / LQ sans objet

PNEC eau douce : 0,025 mg/L (INERIS, 2010)

PNEC STEP : 9,05 mg/L (INERIS, 2010)

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

Les PFOS n'ayant pas été analysés dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à leur sujet.

Traitabilité⁵⁶³

Seul le **charbon actif** peut retenir ce type de molécules

Oxydation thermique, incinération : la seule condition connue dans laquelle le PFOS se dégrade est l'incinération à haute température dans certaines conditions. (INERIS, 2010)

562 Liste non exhaustive

563 Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

REGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/CE** du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵⁶⁴ -
 - Le sulfonate de perfluorooctane est listé dans l'Annexe III "Substances soumises à révision pour leur possible identification comme substance prioritaire ou comme substance dangereuse prioritaire".
 - Pas de NQE établie
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁵⁶⁵ :
 - Le sulfonate de perfluorooctane n'est pas concerné
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Le perfluorooctane sulfonate ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : pas de seuil de rejet pour le PFOS⁵⁶⁶
 - Annexe III : les exploitants qui déclarent des PFOS doivent fournir des informations complémentaires sur les quantités stockées sur le site, utilisées et éliminées
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁵⁶⁷
 - Le sulfonate de perfluorooctane n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**
 - Le statut de l'acide perfluorooctane sulfonique, de ses sels et du fluorure de perfluorooctane sulfonyle est à l'étude (juillet 2005) pour être intégrés à l'Annexe A ou B de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"⁵⁶⁸
 - **Certaines utilisations sont estimées acceptables :**
 - photo-imagerie,
 - photorésines et revêtements antireflets pour semi-conducteurs,
 - agent d'attaque pour la gravure de semi-conducteurs composés et de filtres céramiques,
 - fluides hydrauliques pour l'aviation,
 - métallisation en circuit fermé,
 - appareils médicaux radio-opaques,
 - mousse anti-incendie,
 - appât contre les fourmis coupeuses de feuilles

564 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>565 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>566 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II567 http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15568 <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/Reviewedchemicals/tabid/781/Default.aspx>

- **Des dérogations spécifiques** sont prévues pour l'utilisation en tant que produit intermédiaire dans la fabrication de substances destinées aux utilisations suivantes :
 - photomasques dans les semi-conducteurs et écrans à cristaux liquides
 - métallisation (revêtement métallique dur)
 - métallisation (revêtement métallique décoratif)
 - composants électriques et électroniques
 - insecticides pour la lutte contre les fourmis de feu rouges importées et les termites
 - production pétrolière chimiquement assistée
 - tapis
 - cuir et habillement
 - textiles et capitonnage
 - papier et emballages
 - revêtements et additifs pour revêtements
 - caoutchouc et matières plastiques

Autres réglementations

- La Convention OSPAR de 1992 a classé le PFOS parmi les substances dangereuses

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Les PFOS ne sont pas des substances naturelles.

On trouvera des PFOS dans les eaux usées et les boues de station d'épuration urbaines ou industrielles, ainsi que dans les lixiviats de décharges (y compris d'ordures ménagères) par le biais des objets et matériaux traités. Ils peuvent être libérés dans l'environnement par les eaux usées (traitées ou non) ainsi que par les émissions des objets et applications qui en contiennent (en particulier les produits d'extinction des incendies).

PRODUCTION / UTILISATION

Les PFOS (perfluorooctane sulfonates) sont une famille de **composés organiques perfluorés de synthèse**. Selon les auteurs, cette famille comporte 40 à 88 composés. Ils ont été largement utilisés pour leurs propriétés antitaches et hydrofuges (traitement des tissus, tissus d'ameublement, moquettes, mais aussi emballages alimentaires) ainsi que pour leurs propriétés tensioactives (mousses d'extincteurs, fluides hydrauliques, etc.). Leurs effets toxiques font que leurs usages sont désormais soumis à de nombreuses restrictions.

Synthèse

Chimiquement, les PFCs sont constitués d'une chaîne carbonée (en C₄ à C₁₀), perfluorée hydrophobe, et d'un groupement fonctionnel hydrophile.

On trouve principalement deux procédés industriels de synthèse des PFCs (INERIS, 2009) :

- **La fluoration électrochimique**, a été développée dès 1945 et adoptée par la compagnie 3M, principal producteur mondial de PFCs avant l'an 2000 ;
- **La télomérisation**, développée la première fois par les laboratoires de la société DuPont, puis utilisée par un très grand nombre de sociétés dont Asahi Glass, Atofina, Clariant et Daikin. Il s'agit d'une polymérisation par réaction en chaîne, effectuées en présence d'un excès d'agent de transfert et de façon à ce que les groupes terminaux soient des fragments de l'agent de transfert. La télomérisation conduit en général à des polymères de faible degré de polymérisation : ici, trois monomères.

Propriétés et utilisations

Les PFCs ont des **applications industrielles très diverses**. Ils sont largement répandus dans la fabrication de substances hydrofuges, oléofuges, anti-salissantes et imperméables aux graisses qui sont appliquées sur les tissus, les emballages, les tapis, les moquettes ou les papiers. Ils participent également à la formulation d'agents tensio-actifs, de détergents, d'émulsifiants, de mouillants, de dispersants et de mousses extinctrices. (Chateau, et al., 2005), (INERIS, 2009),

Les propriétés physicochimiques particulières des composés perfluorés tiennent à la solidité des liaisons fluor-carbone (F-C) qui confèrent aux PFCs une importante résistance à l'hydrolyse acido-basique, à la photolyse, à la dégradation microbienne et à la métabolisation par les vertébrés. Ceci explique la persistance, la bioaccumulation et la bioamplification des PFCs et justifie leur présence dans la liste des polluants organiques persistants (POP). Contrairement aux POP classiques, les PFCs présentent un caractère hydrophile très marqué. (INERIS, 2009)

La toxicité des PFCs a été détectée dans les années 90. Simultanément hydrophiles et lipophiles, les PFCs se lient de préférence aux protéines présentes dans le plasma, comme l'albumine ou certaines lipoprotéines, et dans le foie, notamment avec les protéines liant les acides gras du foie. Cette affinité PFCs-protéines est à l'origine d'effets toxiques (tumeurs de la thyroïde et du foie, effets reprotoxiques, modifications de la perméabilité des membranes cellulaires...). (INERIS, 2009)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet
- Eventuellement utilisés pour des activités de dégraissage et de nettoyage

Secteur des industries de la chimie

- Synthèse des PFOS

Autres secteur industriels⁵⁶⁹

- Imperméabilisants pour tapis, cuir, textiles
- Enduits
- Détergents domestiques et industriels (cirage pour sols, nettoyeurs de dentiers, shampoings...)
- Emballages alimentaires
- Mousses d'extincteurs

⁵⁶⁹ www.chemicalindustryarchives.org/dirtysecrets/scotchgard/1.asp

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Les PFOS sont des substances chimiques exclusivement d'origine anthropique (INERIS, 2009). Ils sont principalement émis dans les eaux de surface via les effluents des stations d'épuration des eaux industrielles au cours de la fabrication ou de l'utilisation industrielle des produits (85 % des émissions), mais aussi via les effluents des stations d'épuration urbaines en raison de la dégradation des biens de consommation qui en renferment. Ainsi, l'eau est le principal réservoir de PFCs dans l'environnement et leur plus important moyen de dissémination (INERIS, 2009).

Les PFOS sont aussi libérés dans l'environnement par la voie des lixiviats des décharges, suite à la mise au rebut de produits et de matériaux contenant ces substances. (Chateau, et al., 2005)

Ils sont également susceptibles d'être libérés directement dans l'air, dans le sol et dans les eaux de surfaces lors de l'utilisation de produits qui en contiennent. (Chateau, et al., 2005)

Les composés perfluorés ont été largement détectés dans tous les compartiments de l'environnement et chez divers organismes vivants, y compris dans les régions éloignées des sources potentielles d'émission comme l'Arctique, ce qui indique que les PFCs sont sujets au transport à grande distance. Les deux PFCs les plus fréquemment retrouvés sont le PFOA et la PFOS. (INERIS, 2009)

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :

Les PFOS n'ayant pas été analysés dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à leur sujet.

Quelques auteurs ont travaillé sur le sujet et fournissent quelques informations :

- o Incinérateurs de déchets : une combustion incomplète durant l'incinération peut entraîner la libération de PFOS-H (Chateau, et al., 2005)
- o Les déchets générés lors des activités de coupe, de taille et d'emballage peuvent émettre des PFOS (Chateau, et al., 2005)

Présence dans d'autres types de rejets :

- o Evaporation dans l'atmosphère quand les produits sont pulvérisés et séchés (Chateau, et al., 2005)
- o Rejets provenant des traitements de surface dans les eaux industrielles (Chateau, et al., 2005)

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

Les PFCs sont peu susceptible d'être libéré et transporté dans l'air (Chateau, et al., 2005)

Un transport par voie atmosphérique est possible, étant donné la volatilité de certains PFCs à chaînes courtes. (INERIS, 2009)

Eau

Eau de surface : CPFOS = 151 µg/L (en Alabama) (US EPA)
 Effluents industriels : CPFOS entre 25 et 2 500 ng/L (Hohenblum, et al., 2003)
 Effluents de STEP : CPFOS entre 0,048 et 0,45 µg/L (US EPA)
 Lixiviats de décharge : CPFOS = 53,1 µg/L (US EPA)

Sols /sédiments

Adsorption élevée sur les sédiments de rivière

La concentration en PFOS dans les sédiments est variable : de 0,78 à 12 600 µg/kg (sédiments secs) près d'un point de rejet d'un effluent industriel mixte (US EPA).

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles des PFOS dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****Présence possible de la substance dans les déchets suivants :****07 Déchets des procédés de la chimie organique**

- 07 06 Déchets provenant de la FFDU des corps gras, savons, détergents, désinfectants et cosmétiques
- 07 06 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 06 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 06 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 06 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 06 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 06 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 06 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 06 11* boues issues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 29* détergents contenant des subst. dangereuses

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**GENERALITES SUR LES METHODES D'ANALYSES** (INERIS, 2009)

Extraction : la SPE est la technique la plus utilisée. Outre la quantité moindre des solvants utilisés lors de l'extraction, la SPE présente l'avantage d'être automatisable. Différents types de supports (phase stationnaire) d'extraction sont rapportés dans la littérature. Il s'agit de supports hydrophobes à base de silice greffée octyldécyle (C18), de supports hydrophiles-lipophiles à base de copolymères, et de supports à base des résines échangeuses d'anions. La diversité des supports d'extraction utilisés tient au caractère amphiphile des PFCs. En effet, le PFOS et le PFOA peuvent développer à la fois des interactions apolaires via leur chaîne carbonée perfluorée et des interactions polaires via leurs groupements fonctionnels.

Bien que les supports d'extraction soient de nature diverse, les protocoles d'extraction sont très semblables. Après conditionnement au méthanol et à l'eau, les échantillons sont chargés sur la cartouche SPE à très faible débit. La cartouche est ensuite lavée à l'eau puis séchée par centrifugation. Le solvant d'éluion utilisé est exclusivement le méthanol.

Les rendements d'extraction obtenus varient de 60 à 170 % pour le PFOA et de 56 à 167 % pour le PFOS, ce qui démontre l'existence d'une marge d'amélioration dans la maîtrise de cette étape.

Analyse : le PFOS et le PFOA sont systématiquement analysés par chromatographie en phase liquide (HPLC) couplée à un spectromètre de masse (SM).

La séparation chromatographique s'effectue généralement sur des colonnes en phase inverse de type C18, à l'aide d'un gradient composé de méthanol et d'eau. Une méthode utilisant un gradient acétonitrile-eau a été rapportée. (INERIS, 2009)

L'ionisation par électro-nébulisation (ESI : Electrospray ionization) en mode négatif est le mode d'ionisation le plus utilisé pour la détection des PFCs. **Un tampon** acétate d'ammonium (5 à 20 mM) est souvent ajouté dans la phase mobile afin d'augmenter le rendement d'ionisation. Deux ions dominent le spectre de source en ESI (-) du PFOS ([M-H]⁻, m/z = 499 et [FSO3]⁻, m/z = 99) tandis que le spectre de source du PFOA est beaucoup plus riche en ions ([M-H]⁻, m/z = 413 ; [MK]⁻, m/z = 455 ; [M-COOH]⁻ ; m/z = 369) et [C3F]⁻ ; m/z = 169).

Les analyseurs les plus couramment utilisés pour la détection des PFCs sont : les trappes d'ions (ITD) et les triples quadripôles (TQ).

La quantification peut être réalisée sur les ions cités précédemment en mode SIM (Selected Ion Monitoring) mais la méthode manque alors grandement de spécificité. Associer la sélectivité du mode d'acquisition MRM à la sensibilité des spectromètres de masse permet d'obtenir des seuils de détection en PFOS et PFOA inférieurs à 1 pg injecté. Les seuils obtenus avec les triples quadripôles sont généralement plus bas que ceux obtenus avec les trappes ioniques.

Contaminations lors de l'analyse HPLC-MS

L'appareil HPLC représente la principale source de contamination par les composés perfluorés lors de l'analyse des échantillons environnementaux. En effet, des vannes, des tuyaux et des joints en PTFE sont couramment utilisés dans ces appareils analytiques. Ces matériaux en PTFE présentent une source de contamination potentielle par les PFCs. Une étude a montré que le niveau de contamination des blancs d'appareillage par le PFOA est d'environ 30 pg / 10 µL de méthanol injecté. En revanche, dans ces blancs d'appareillage, la concentration en PFOS et en autres PFCs est de 1 à 2 ordres de grandeur inférieure à celle du PFOA.

Afin de remédier à ce problème, il est préconisé :

- de remplacer tous les tuyaux en PTFE par des tuyaux en acier inoxydable ou en PEEK (polyétheréthercétone),
- d'isoler les vannes de dégazage et la vanne permettant le lavage de la tête de piston, qui sont habituellement fabriquées en PTFE.
- d'utiliser d'autres alternatives techniques actuellement disponibles telles que l'utilisation de vannes en titane exempt de toutes traces de PFCs.

Malgré toutes ces mesures, une étude mentionne un effet mémoire fréquent du PFOA et PFOS, constaté surtout dans les blancs d'appareillage suite à l'analyse d'échantillons très concentrés en PFCs. Dans de tels cas, les auteurs préconisent de rincer l'ensemble des composants de la chaîne HPLC susceptibles d'accumuler des PFCs (boucle d'injection, vanne d'injection,...), ainsi que la colonne chromatographique, par une phase mobile composée d'un mélange binaire isopropanol / acide formique (90 : 10, v/v).

Contamination par les valves septum des flacons passeurs

Les flacons utilisés lors de l'analyse par HPLC-SM représentent une source non négligeable de contamination par les PFCs. En effet, les valves 'septum' utilisées pour assurer l'étanchéité des flacons contenant les échantillons à analyser sont souvent constituées de PTFE ou de Viton® (fluoropolymères).

Une étude a montré que l'utilisation de flacons de passeur munis de telles valves induisent, respectivement, jusqu'à 32 et 0,4 ng/L en PFOS et 4,6 et 0,8 ng/L en PFOA dans les blancs d'appareillage. Dans cette étude, les auteurs ont montré que la seule utilisation de bouchons en polyéthylène permet de remédier à ce problème (PFOS <0,003 ng/L, PFOA <0,009 ng/L).

Enfin, afin d'éviter tout phénomène d'adsorption du PFOS et du PFOA sur les parois internes des flacons de passeur en verre, l'utilisation de flacons en polypropylène est fortement conseillée.

Pureté des étalons analytiques

Un des paramètres pouvant fausser les concentrations réelles en PFOS et en PFOA dans les échantillons environnementaux est la pureté des étalons.

Dans la plupart des cas, la pureté des étalons PFCs est mesurée par un dosage acido-basique après passage sur une résine échangeuse d'ions. Cette technique est loin d'être spécifique. La présence d'impuretés conduit à une surestimation de la concentration réelle des PFCs, et par conséquent à une surestimation de la quantité réelle en PFCs dans les échantillons environnementaux.

La meilleure méthode pour la détermination de la pureté des étalons analytiques est la HPLC-MS. Des auteurs ont étudié la pureté de quatre étalons de PFOS en comparant à chaque fois la valeur annoncée par les fournisseurs (> 98 %) à celle obtenue par analyse HPLC-MS. Les résultats obtenus dans cette étude montrent un écart atteignant jusqu'à 20% par rapport à la valeur annoncée par les fournisseurs. Ceci peut être à l'origine des écarts observés lors des essais inter-laboratoires où chaque laboratoire utilise ses propres étalons. Afin de pallier ces problèmes, l'utilisation d'étalons analytiques issus d'une même provenance est fortement recommandée pour les essais circulaires.

Il est à noter que malgré l'utilisation d'étalons issus d'une même provenance, la justesse observée en essais inter-laboratoires peut dépendre du lot utilisé. En effet, **tous les standards PFCs n'ont pas la même répartition en termes de taux de branchement de la chaîne alkyle.**

La nature des cations associés aux étalons analytiques des PFCs peuvent aussi constituer une source potentielle de variabilité inter-laboratoires. Des auteurs ont constaté que la méthode d'analyse utilisant comme étalon le PFOS sous forme de sel de potassium est jusqu'à 3% plus sensible que celle utilisant le PFOS sous forme de sel de sodium. Les auteurs ont expliqué cette constatation par une volatilité relative plus importante du PFOS⁺,K⁺ comparé à celle du PFOS⁺,Na⁺.

EAUX BRUTES (EAU DOUCE DE SURFACE ET EAU SOUTERRAINE) (AQUAREF, 2010a)**Prélèvements et conditionnement :** non précisé**Extraction / préparation**

Volume de la prise d'essai = 1000 ml
 Extraction liquide-liquide (ELL) des composés perfluorés par le Méthyl-TertioButyl Ether (MTBE)
 Concentration

Dosage

Méthode de dosage : Analyse en CLHP/SMSM par ionisation avec électro-nébulisation (Electro Spray Ionization, ESI) en mode négatif solvant d'injection : 1 mL mélange eau/méthanol (1/2 v/v)

Limite de détection : 0,6 ng/L

Limite de quantification : 2 ng/L

Interférences : non précisées

EFFLUENTS DE STEP Lien & al, 2008 dans (INERIS, 2009)**Pré-traitement :** Filtration sur fibre de verre (Whatman GF/B)**Extraction / préparation**

SPE (Presep-C Agri cartridge C18) : 100 mL d'eau
 Elution : MeOH,
 Concentration à 1 mL, injection de 10 µL d'échantillon

Rendement : 100% ± 10%**Dosage**

Méthode de dosage : Analyse en HPLC-ESI(-)-SIM

Limite de quantification : PFOS : 0,20 ng/L
 PFOA : 0,10 ng/L

EAUX RESIDUAIRES Loganathan & al, 2007 dans (INERIS, 2009)**Pré-traitement :** décantation**Extraction / préparation**

SPE (Oasis® HLB, 60 mg, 3 mL) : 200 mL d'eau
 Elution : MeOH,
 Concentration à 1000 µL,
 Filtration (Nylon, 0,2 µM)

Rendement : PFOA et PFOS : 90%**Dosage**

Méthode de dosage : Analyse HPLC-ESI(-)-MRM

Limite de quantification : non précisée

EAUX RESIDUAIRES Zhao & al, 2007 dans (INERIS, 2009)**Pré-traitement :** filtration 0,2 µm (filtre nylon)**Extraction / préparation**

SPE (Silice / CTAB, 500 mg / 75 mg, 6 mL) : 500 mL d'eau
 Elution : MeOH
 Concentration à 1000 µL
 Injection de 50 µL

Rendement : PFOA > 88,4%

PFOS > 77,3%

Dosage

Méthode de dosage : Analyse HPLC-ESI(-)-MS/MS

Limite de quantification : PFOA : 0,2 ng/L
 PFOS : 0,6 ng/L

BOUES DE STEP (AQUAREF, 2010b)**Prélèvements et conditionnement :** non précisé**Extraction / préparation**

Masse de la prise d'essai = 1 g
 Extraction solide-liquide des composés perfluorés par un mélange eau/ méthanol puis centrifugation
 10 min à 4 500 tr/min

Dosage**Méthode de dosage**

Analyse du surnageant en CLHP/SM-SM par ionisation avec électro-nébulisation (Electro Spray Ionization, ESI) en mode négatif.

Interférences : non précisées

Limite de quantification: Détermination de la LQ selon la norme NF T90-210 (2009) réalisée par ajout d'une quantité connue de chacun des 2 composés dans de la boue (matrice reconstituée par mélange de boues de STEP réelles). Nombre d'essais : 2 répétitions/jour sur 5 jours successifs

Limite de détection: 1/3 x LQ

METHODES D'ANALYSES**Norme ISO 25101 : dosage des PFOS et PFOA dans les eaux par LC/MS (2008)**

Domaine d'application : Cette norme internationale décrit une méthode pour la détermination des isomères linéaires du perfluorooctanesulfonate (PFOS) et du perfluorooctanoate (PFOA) dans les échantillons non-filtrés d'eaux souterraines, d'eau et potables et d'eau de surface (eau douce et eau de mer) employant la HPLC-MS/MS. La méthode s'applique à des niveaux de concentration de 0,05 à 10 µg/l pour le PFOS, et de 0,1 à 10 µg/l pour PFOA.

Principe : L'extraction des substances de l'échantillon fait appel à une extraction sur phase solide (SPE), en laissant à chaque utilisateur le soin de déterminer le support d'extraction le plus adapté.

Interférences : Les interférences signalées dans l'étude bibliographique et constatées lors des exercices d'intercalibration (étude PERFORCE) sont rappelées dans la norme. Des contrôles d'assurance qualité sont suggérés afin de s'assurer de l'exactitude des mesures : blancs, contrôle du taux de récupération des étalons internes radiomarqués par exemple.

Validité de cette méthode : Un essai inter laboratoires de caractérisation de cette norme s'est déroulé en 2007 avec 23 laboratoires. Les résultats de cet essai interlaboratoires a mis en évidence le manque de robustesse de la méthode décrite (par exemple, le taux global de données aberrantes varie de 6 à 63% sans lien direct avec la complexité des matrices).

Il existe donc une norme internationale pour l'analyse du PFOS et du PFOA dans les eaux environnementales, marines et de consommation humaine, mais sa robustesse est insuffisante pour prétendre à une utilisation dans le cadre d'une surveillance environnementale fiable. C'est pourquoi l'INERIS a proposé à l'AFNOR de **ne pas reprendre ce texte dans les collections nationales**, et de se positionner pour **éviter sa reprise en tant que norme européenne**.

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Adsorption par les charbons actifs

Seul le charbon actif peut retenir ce type de molécules (Expert ARCADIS)

REFERENCES

AQUAREF AQUAREF - Famille des Composés perfluorés PFCs : Méthode d'analyse dans l'eau brute [En ligne] // AQUAREF. - 2010a. - consulté en février 2011. - http://www.aquaref.fr/system/files/MA09_PFOA_eau_VF040510.pdf.

AQUAREF AQUAREF - Famille des Composés perfluorés PFCs : Méthode d'analyse dans les boues [En ligne] // AQUAREF. - 2010b. - consulté en février 2011. - http://www.aquaref.fr/system/files/MA28_PFOA_boues_VF040510.pdf.

Chateau G., Chavroche J. et Dupoirion B. Composés perfluorés : évaluation et gestion des risques liés au PFOS [Rapport] : Mémoire / EHESP. - 2005. - Disponible sur : http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Ensp/Memoires/2005/ase_igs/8_risques_PFOS.pdf.

ChemSpider ChemSpider [En ligne] // The Free Chemical Database. - 2011. - <http://www.chemspider.com/>.

Hazardous Substances Data Bank (2003) Perfluorooctane sulfonic acid [En ligne] // HSDB. - Toxnet, 2003. - consulté en février 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~tM4qFh:1>.

Hohenblum J.D., Gibson S.J. et Ober R.E. Perfluorinated anionic surfactants in Austrian industrial effluents [Article] // VomWasser. - 2003. - Vol. Vol. 101. - pp. 155-164.

INERIS INERIS - Heptadécafluorooctanesulfonate d'ammonium [En ligne] // Portail des Substances Chimiques. - INERIS, 2010. - consulté en mars 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/2002>.

INERIS Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration - Etat de l'art [Rapport] : Rapport d'étude. - 2006. - p. 85. - N° INERIS - DRC - 05 - 66015 - CHEN - 06.0086 / BLE.

INERIS Proposition de position française concernant un protocole analytique pour les composés perfluorés [Rapport] : Rapport d'étude / INERIS. - 2009. - p. 25 pages. - Convention INERIS-ONEMA 2008 - Action 3. - INERIS DRC-09-95687-05202B.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

US EPA Environnemental monitoring - Multicity study water, sludge, sediment, POTW effluent and landfill leachate samples [Rapport] : Présentation / US EPA. - 25 juin 2001. - US EPA OPPT AR 226-1030a111.

US EPA Selected fluorochemicals in Decatur - Alabama area [Rapport] / US EPA. - US EPA OPPT AR 226-1030a161 .

HEXABROMOCYCLODECANE

DESCRIPTIF**Synonymes :**

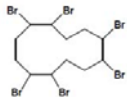
- HBCD
- 1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododécane

Formule semi-développée : C₁₂H₁₈Br₆

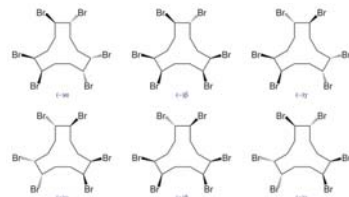
N° CAS : 25637-99-4

Formule développée

Formule générale



Formules développées de 6 des 16 isomères :



Famille : Ignifuge bromé

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 641,7 g/mol (INERIS)

Solubilité dans l'eau : 0,0034 mg/L à 25°C et 0,066 à 20°C mg/L à 20°C (INERIS)

Pression de vapeur : 6,3 10⁻⁵ Pa (INERIS)

Point éclair : 190°C (INERIS)

Temps de ½ vie : 60 j (hydrolyse) (INERIS)

Constante de Henry : 0,75 Pa.m³/mol (INERIS)

Log Kow : 5,6 (INERIS)

Koc : 45.709 L/kg (INERIS)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :- -**Toxicité et écotoxicité :**

NQE⁵⁷⁰ : absence de données (Dir. 2008/105/CE) **Note :** NQE / LQ : sans objet

PNEC⁵⁷¹ eau douce : 0,00031 mg/L (INERIS) **PNEC** sédiments : 0,086 mg/kg poids sec (INERIS)

PNEC sol : 5,9 mg/kg poids sec (INERIS) **PNEC** STEP : 0,15 mg/L (INERIS)

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

L'hexabromocyclododécane n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁵⁷²

Pas facilement biodégradable en conditions aérobies (INERIS)

Traitement combiné, concentration dans les boues – incinération suivi d'une fermentation anaérobie optimale et/ou une incinération des boues

Traitement possible par adsorption

RÈGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁵⁷³ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵⁷⁴
 - L'hexabromocyclododécane n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement n°143/2011 du 17 février 2011 amendant l'annexe XIV du règlement (CE) n°1907/2006 du Parlement Européen et du Conseil 'REACH'**⁵⁷⁵
 - Substances soumises à restriction (ECHA) : PBT (Persistante, Bioaccumulable, Toxique)
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - L'hexabromocyclododécane n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁵⁷⁶
 - L'hexabromocyclododécane n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁵⁷⁷
 - L'hexabromocyclododécane n'est pas concerné
- **Règlement n° 793/93/CEE du 23/03/93 concernant l'évaluation et le contrôle des risques présentés par les substances existantes**
 - l'hexabromocyclododécane fait partie de la liste 2
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**
 - L'intégration de l'hexabromocyclododécane à l'Annexe A de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"⁵⁷⁸ a été proposée le 19 octobre 2012⁵⁷⁹ - avec des exemptions spécifiques pour son utilisation dans la fabrication du polystyrène expansé et du polystyrène extrudé destiné à la construction. Cette proposition sera examinée par la Conférence des Parties à sa sixième réunion, qui se tiendra à Genève du 28 avril au 10 mai 2013.

⁵⁷³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁵⁷⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁵⁷⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:044:0002:0006:EN:PDF> (article 6)

⁵⁷⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁵⁷⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁵⁷⁸ <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

⁵⁷⁹ <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/LatestMeeting/POPRC8/POPRC8Followup/tabid/2911/Default.aspx>

⁵⁷⁰ **NQE** : Norme de Qualité Environnementale

⁵⁷¹ **PNEC** : concentration sans effet prévisible sur l'environnement

⁵⁷² Voir les fiches "Réduction des émissions" correspondantes

NÉOFORMATION OU ÉMISSIONS INVOLONTAIRES

Pas d'information sur ce sujet dans les sources consultées

UTILISATION

Les HBCDD sont une famille de 16 isomères de l'hexabromo-cyclodod cane. Ces molécules sont des **composés organiques de synthèse**, persistants, connus pour leur toxicité.

Synthèse / Production

- -

Utilisation :

Les HBCDD ont été - ou sont encore - utilisés comme retardateurs de flamme des polystyrènes isolants des matériaux de construction, des véhicules automobiles, des matériaux d'emballage, ainsi que dans divers équipements électriques et électroniques ( lectro-ménager en particulier).

80% du HBCDD produit est utilisé comme additif et réactif ignifuge dans une large gamme de produits industriels ou de consommation. (INERIS)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Secteur des industries de la chimie**

- **Industrie des polymères** : Le HBDC est utilisé pour la synthèse d'une très grande variété de polymères: les mousses en polyuréthane expansé et extrudé, le polystyrène compact (résistant aux chocs), la résine époxy, etc. particulièrement pour les pièces détachées électriques et électroniques. (INERIS)

Autres secteur industriels

- **Industries de la construction** : le HBDC est utilisé dans les panneaux isolants employés dans la construction de bâtiments, par exemple dans les murs, les caves, les plafonds intérieurs et les toitures, les peintures protectrices. (INERIS)
- **Industrie de traitement du textile** : Le HBDC est utilisé comme agents de protection dans le mobilier résidentiel et commercial rembourré, les sièges automobiles, les rideaux et les revêtements muraux. (INERIS)

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

L'hexabromocyclododécane n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Rejets industriels**Rejets dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

- **Rejets lors des activités de traitement**
 - Rejeté dans l'air ou déversé dans les eaux usées. Dans une installation de traitement le HBCD est retenu dans les boues. (Environnement Canada)
- **Rejets lors de l'utilisation**
 - Rejet par suite de l'abrasion et la dégradation de produits polymères finaux (Environnement Canada)
 - L'HBCD emprisonné dans les matériaux de revêtement de textile peut subir des altérations atmosphériques et de l'usure pendant la durée de vie utile du produit polymère, notamment par le lavage et le nettoyage au moyen de produits chimiques. Les pertes seront probablement observées surtout dans les déchets solides et les eaux usées (Environnement Canada)
 - Cas des matériaux de construction : des rejets dans le sol pourraient se produire et être suivis d'émissions atmosphériques ou d'un entraînement par ruissellement (Environnement Canada)
- **Autres types de rejets – sites d'enfouissement/recyclage**
 - Les produits et matériaux contenant de l'HBCD dans les sites d'enfouissement subiront des altérations atmosphériques. Peu d'information sur la solubilité de l'HBCD dans les lixivats de sites d'enfouissement. (Environnement Canada)
 - De faibles concentrations d'HBCD (maximum de 9 ng/L) ont été mesurées dans deux échantillons de lixiviat prélevés dans un site d'enfouissement suédois servant aux déchets issus de la construction et de la démolition. (Remberger *et al.*, 2004) dans (Environnement Canada)

Autres types de rejets industriels :

Les rejets dans l'environnement peuvent se produire pendant la production et la fabrication, le traitement, le transport, l'utilisation, la mauvaise manipulation, l'entreposage ou le confinement défectueux, les émissions par des sources ponctuelles, les rejets migratoires issus de l'utilisation de produits manufacturés et de l'élimination de la substance ou de produits contenant la substance. (Environnement Canada)

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

- **Demi-vie** : 3 jours (Delahaye, et al., 2005)
- **Concentration** : 77 à 1 600 ng/g de poussière (Delahaye, et al., 2005)

Eau

- **Non biodégradable** (Delahaye, et al., 2005)
- **Demi-vie** : entre 2 et 25 jours (Delahaye, et al., 2005)
- **Lipophile** (Delahaye, et al., 2005)

Sols /sédiments

- **Fortement adsorbés** sur les MES et les sédiments (Delahaye, et al., 2005)
- Rejets dans l'environnement via l'épandage de biosolides sur des terres agricoles et des pâturages (Delahaye, et al., 2005)
- Pas de données disponibles sur les sols français (Delahaye E. et al. 2005)
- Concentration dans les sédiments entre 140 et 1 300 ng/g (Remberger, et al., 2004)

PRÉSENCE POTENTIELLE DANS LES DÉCHETS

Résumé des origines possibles du HBCDD dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs**

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de substances dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
- 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
- 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

PRÉLÈVEMENT, CONDITIONNEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Note : l'hexabromocyclododécane est un composé difficile à analyser car il **est thermolabile**

Eaux (Gregg, et al., 2004)

Extraction / préparation

Extraction sur phase solide par un mélange dichlorométhane : hexane (50:50)

Dosage**Méthode de dosage**

Analyse par chromatographie en phase gazeuse avec détection à capture d'électron ou par chromatographie en phase gazeuse couplée avec un spectromètre de masse en mode ionisation chimique négative;

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Substitution de l'HBDC dans les matériaux ignifugés (Tiili, 2008)**

Il existe un large spectre de produits de remplacement de l'hexabromocyclododécane. 200 formes commerciales de retardateurs de flammes et de nouveaux matériaux sont en cours de développement.

Différents moyens sont disponibles pour donner des qualités ignifuges à un produit :

- Le design des produits revu pour réduire les risques de propagation du feu ;
- Des matériaux aux propriétés ignifuges peuvent être utilisés pour remplacer les plastiques très inflammables ;
- Des additifs retardateurs de flammes moins toxiques.

Exemples de retardateurs de flammes et de matériaux alternatifs

Matériaux	Principales applications	Retardateurs de flammes alternatifs
Epoxy	Circuits imprimés	Composés phosphorés et nitrog�n�s, polyphosphate d'ammonium et trhydroxide d'aluminium
Mousse en polyuréthane	Equipements divers	Polyphosphate d'ammonium, mélamine, composés réactifs du phosphore

Traitement par des incinérateurs d'ordures ménagères et production d'énergie

Ce type de traitement peut produire des dioxines et des furanes (Environnement Canada)

RÉFÉRENCES

Delahaye E., Herrera M. et Oudot C. Evaluation et gestion des risques liés à l'exposition aux substances ignifuges bromées [En ligne]. - 2005. - http://fulltext.bdsp.ehesp.fr/Ensp/Memoires/2005/ase_igs/11_ignufiges.pdf. - REFERENCE A PRECISER.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Environnement Canada Ebauche d'évaluation préalable de hexabromocyclohexane (HBCD) [En ligne] // Environnement Canada. - février 2011. - <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=A27E7A60-1&offset=7&toc=show>.

Gregg T. [et al.] Isomer-specific analysis of hexabromocyclododecane by LC/MS/MS [Conférence]. - 2004.

HSDB Hazardous Substance Data Bank - Benzène [En ligne] // Toxnet. - 2012. - 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~rAjlav:1>.

INERIS Hexabromocyclododécane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - mars 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1046>.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Remberger M. [et al.] The environmental occurrence of hexabromocyclododecane in Sweden [Article] // Chemosphere. - 2004. - Vol. 54. - pp. 9-21.

RMC Communication personnelle D. Noury [Fichier Excel] // Extraction des données RSDE-2 au 20 novembre 2011. - novembre 2011. - Données partielles et anonymes pour la France - 209 GIDIC du secteur 3 pour un total de 1 601 GIDIC.

Tlili K. Transferts hydriques de contaminants halogénés émergents dans les hydrosystèmes : exemple : la Seine en milieu urbain [En ligne] // SISYPHE. - PRECISER LE SITE ET LE TYPE DE DOCUMENT, 2008. - février 2011. - <http://www.sisyphe.upmc.fr/~m2hh/arch/memoires2008/TLILI.pdf>.

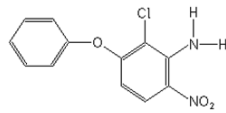
ACLONIFEN

DESCRIPTIF**Synonymes** ⁵⁸⁰

- 2-chloro-6-nitro-3-phénoxyaniline
- 2-chloro-6-nitro-3-phénoxybenzénamine
- Aclonifem
- Aclonifene
- Aklonifen
- Challenge

Formule semi-développée : C₁₂H₉Cl N₂O₃

N° CAS : 74070-46-5

Formule développée

Famille : pesticide organoazoté
herbicide
diphényl éther (DPE)

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 264,7 g/mol (PPDB)

Solubilité dans l'eau : 1,4 mg/L à 20°C (PPDB)

Pression de vapeur : 0,016 mPa à 25°C (PPDB)

Point éclair : peu inflammable (PPDB)

Temps de ½ vie dans le sol : 117 j (persistant) (PPDB)

80,4 j (modérément persistant) (PPDB)

de 13 à 195 jours selon les types de sol (Kilink, 2010)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : 197 j à pH7 (stable) (PPDB)

Photolyse dans l'eau : ½ vie entre 9 et 1 040 jours (soit 34 mois) (Kilink, 2010)

Temps de ½ vie à la lumière : 1 400 h (soit 58 jours) en conditions agronomiques (Kilink, 2010)

Constante de Henry : 3,03 x 10⁻³ Pa.m³/mol à 25°C (PPDB)

Log Kow : 4,37 à 20°C (PPDB)

autres valeurs : de 3,14 à 4,37 (Kilink, 2010)

Koc : 7 126 ml/g (non mobile) (PPDB)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

4-(3-amino-2-chloro-4-nitrophénoxy)phénol (PPDB)

3,4-diamino-2-chlorophénol (PPDB)

3-chloro-4-phénoxybenzène-1,2-diamine (PPDB)

3-amino-2-chloro-4-nitrophénol (PPDB)

Toxicité et écotoxicité :

NQE : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE)

Note : NQE / LQ sans objet

PNEC : absence de donnée

La référence (PPDB) comporte de nombreuses données d'écotoxicité et de toxicité

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

L'aclonifen n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité

Une étude a porté sur l'oxydation anodique

⁵⁸⁰ Liste non exhaustive

RÉGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC** ⁵⁸¹ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE ⁵⁸²
 - L'aclonifen n'est pas concerné
- **Directive 2008/116/CE de la Commission du 15 décembre 2008 modifiant la directive 91/414/CEE du Conseil**, en vue d'y inscrire les substances actives **aclonifène**, imidacloprid et métazachlore ⁵⁸³
- **Directive 91/414/CEE** ⁵⁸⁴ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009
 - L'aclonifen fait partie de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée (JO du 16/12/08)
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances ⁵⁸⁵:
 - L'aclonifen n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)** ⁵⁸⁶

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger chronique, cat. 1
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001** ⁵⁸⁷
 - L'aclonifen n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - L'aclonifen n'est pas concerné
- **Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**) ⁵⁸⁸
 - L'aclonifen fait partie des substances identifiées comme substances prioritaires au titre de la directive-cadre sur l'eau en tant que " Substances dangereuses pour l'environnement"
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation** ⁵⁸⁹
 - L'aclonifen n'est pas concerné

⁵⁸¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁵⁸² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁵⁸³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:337:0086:0091:FR:PDF>

⁵⁸⁴ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

⁵⁸⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁵⁸⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:fr:PDF>

⁵⁸⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁵⁸⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁵⁸⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NÉOFORMATION

Compte-tenu des voies de synthèse, il est peu probable que l'aclonifen fasse l'objet de néoformation.

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse**

L'aclonifen peut être synthétisé à partir de trichlorobenzènes. (INERIS, 2005)

Utilisation

L'aclonifen est un pesticide organo-azoté à usage d'herbicide vis-à-vis de nombreuses graminées et dicotylédones, utilisables dans les cultures de pois, carotte, tournesol, pommes de terre, ail, oignon, poireau, échalote, ainsi que la vigne, les plantes à essences et plantes médicinales. L'aclonifen agit par inhibition d'une enzyme des chloroplastes, c'est-à-dire en inhibant la synthèse de la chlorophylle et provoquant la nécrose des tissus végétaux exposés à la lumière. (Kilink, 2010)

L'aclonifen est une molécule de synthèse découverte en 1977. Cette matière active (actuellement propriété de Bayer CropScience) est classée parmi les herbicides. Son activité phytotoxique est rapportée pour la première fois en 1983. C'est donc une molécule déjà ancienne mais dont le mode d'action n'est pas parfaitement décrit jusqu'à aujourd'hui. En effet, la littérature scientifique relative à l'aclonifen est très pauvre cela étant peut être lié au fait que cette molécule n'a pas eu un destin agronomique et commercial aussi grand que d'autres molécules concurrentes. (Kilink, 2010)

Les formulations utilisées sont des suspensions concentrées adaptées aux traitements de pré-levée, c'est-à-dire que la matière active est répandue sur le sol juste après le semis mais avant germination. Une telle formulation est conçue pour persister dans les premiers centimètres de sol, c'est-à-dire que l'aclonifen a été formulé de façon à ne pas être entraîné par l'eau et à ne pas être trop rapidement dégradé par la lumière ou la microflore du sol. (Kilink, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation systématique connue dans les procédés des industries du déchet
- Utilisation possible pour l'entretien des espaces verts

Utilisation dans les industries de la chimie

- Substance active de produits phytosanitaires ayant un effet herbicide (de type diphényl éther)

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

L'aclonifen n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

L'aclonifen est retrouvé dans la phase gazeuse et particulaire dans l'atmosphère ambiante. Sous forme gazeuse, il est dégradé par photolyse. Sous forme particulaire, il se dépose via les retombés atmosphériques. (HSDB)

Eau

Dans l'eau, l'aclonifen est adsorbé sur les particules en suspension. (HSDB)

PRÉSENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

L'aclonifen sera présent dans les emballages des formulations dans lesquels il entre.

L'aclonifen est commercialisé en France sous les dénominations suivantes :

- Challenge (aclonifen seul) Bayer CropScience
- Chalban (aclonifen seul)
- Derby (aclonifène + aminotriazole) de Nufram
- Nikeyl (aclonifen + flurtamone) de Bayer CropScience
- Cline (aclonifen + flurtamone) de Bayer CropScience

D'autres préparations commerciales existent :

- Bandur (aclonifen seul)
- Fenix (aclonifen seul)
- Prodigio (aclonifen seul)
- Carioca (aclonifen + oxadiargyl)
- Lagon (aclonifen + isoxaflutole)

Résumé des origines possibles de l'aclonifen dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :**Présence possible de la substance dans les déchets suivants :****02 Déchets de l'agriculture, horticulture, aquaculture, sylviculture, chasse, pêche, préparation et transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
- 02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
- 02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
- 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Aucune information n'est disponible sur les sites d'AQUAREF et de l'INERIS

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Oxydation anodique** (Zaouak, et al., 2011)

Une étude d'oxydation électrochimique (anodique) de l'aclonifen a été réalisée par une équipe en tunisienne. Elle montre que l'ultime composé issu de l'oxydation est un dimère azoté, le groupement amine étant le site préférentiel des échanges d'électrons.

RÉFÉRENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_generale_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

AQUAREF AQUAREF [En ligne]. - 2012. - <http://www.aquaref.fr>. - Aucune information concernant l'analyse de cette substance à la date de consultation .

INERIS Aclonifen [En ligne] // Aclonifen. - 14 01 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/327>.

Kilink Özgür Etude du mode d'action et du devenir d'un herbicide : l'aclonifen [Rapport] : Thèse de Doctorat / Université de Grenoble. - 2010. - p. 240 p. - Thèse soutenue le 7 juillet 2010 consultable : http://hal.univ-savoie.fr/docs/00/55/49/05/PDF/tez_ozgur.pdf.

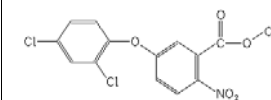
PPDB Aclonifen [En ligne] // Pesticides Properties Database. - Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire (U.K.), 26 07 2011. - <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/Reports/15.htm>.

Zaouak A., Matoussi F. et Dachraoui M. Electrochemical Study of Diphenyl Ether Derivatives Used as Herbicides [Article] = Article ID 904570, doi : 10.4061/2011/904570 // International Journal of Electrochemistry. - 2011. - accepté le 25 février 2011. - Vol. Volume 2011. - p. 6 pages.

BIFÉNOX

DESCRIPTIF**Synonymes :**

- (2,4-dichlorophénoxy)-2-nitrobenzoate de méthyle

Formule développée**Famille :**

pesticide organoazoté
herbicide
diphényl éther (DPE)

Formule semi-développée : C₁₄H₉Cl₂NO₅

N° CAS : 42576-02-3

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 342,1 g/mol (HSDB)

Solubilité dans l'eau : 0,36 mg/L à 25°C (HSDB)

Pression de vapeur : 0,162 mPa à 20°C (HSDB)

Point éclair : 85°C (HSDB)

Temps de ½ vie dans le sol : 6 j (HSDB)

Temps de ½ vie dans l'eau de surface : - -

Temps de ½ vie dans l'air : 15 j (HSDB)

Constante de Henry : 1,62 10⁻⁴ Pa.m³/mol (HSDB)

Log Kow : 4,5 (HSDB)

Koc : 4 000 mg/l (HSDB)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- - -

Métabolites connus :

- - -

Toxicité et écotoxicité :

NQE : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE)

Note : NQE / LQ sans objet

PNEC_{eau douce} : absence d'information

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

Le bifénox n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité

Absence d'information dans les sources consultées

RÉGLEMENTATION

- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)**⁵⁹⁰
 - Le bifénox est concerné
- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁵⁹¹ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁵⁹²
 - Le bifénox n'est pas concerné
- **Directive 91/414/CEE**⁵⁹³ abrogée par le règlement CE n°1107/2009 relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent
 - Le bifénox fait partie de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée (JO du 01/01/08)
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁵⁹⁴:
 - Le bifénox n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE** (ECHA)
 - Le bifénox ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets** (JO n°62 du 13 mars 2008)
 - Le bifénox n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁵⁹⁵
 - Le bifénox n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁵⁹⁶
 - Le bifénox n'est pas concerné

NÉOFORMATION

Compte-tenu du type de molécule, il est peu probable que le bifénox fasse l'objet de néoformation.

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse**

Pas d'information disponible dans les sources consultées

Utilisation

Le bifénox est un pesticide organo-azoté à usage d'herbicide qui entre dans la composition de produit phytosanitaire, produit phytopharmaceutique ou pesticides. Il agit par inhibition d'une enzyme des chloroplastes, c'est-à-dire en inhibant la synthèse de la chlorophylle et provoquant la nécrose des tissus végétaux exposés à la lumière. (Kilink, 2010)

En France, le bifénox est utilisé seul ou en mélange sur des céréales d'hiver (Kilink, 2010)

Les formulations utilisées sont des suspensions concentrées adaptées aux traitements de prélevée, c'est-à-dire que la matière active est répandue sur le sol juste après le semis mais avant germination. Une telle formulation est conçue pour persister dans les premiers centimètres de sol, c'est-à-dire que le bifénox a été formulé de façon à ne pas être entraîné par l'eau, à ne pas être trop rapidement dégradé par la lumière ou la microflore du sol. (Kilink, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation systématique connue dans les procédés des industries du déchet
- Utilisation possible pour l'entretien des espaces verts

Utilisation dans les industries de la chimie

- Substance active de produits phytosanitaires ayant un effet herbicide (de type diphenyl éther)

⁵⁹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁵⁹¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁵⁹² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁵⁹³ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

⁵⁹⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁵⁹⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁵⁹⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Le bifénox n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Présence dans l'environnement**Compartment atmosphérique**

Retrouvé dans la phase gazeuse et particulaire dans l'atmosphère ambiante. Sous forme gazeuse, il est dégradé par photolyse. Sous forme particulaire, il se dépose via les retombés atmosphériques. (HSDB)

Eau

Adsorbé sur les particules en suspension. (HSDB)

Les flux issus des rejets des stations d'épuration urbaines peuvent contribuer à la présence de bifénox dans les eaux de surface. Dans le cadre de la première campagne RSDE sur 200 stations d'épuration urbaines, le flux estimé en bifénox est d'environ 2 kg/jour. (Pojer, 2008)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles du bifénox dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****02 Déchets de l'agriculture, horticulture, aquaculture, sylviculture, chasse, pêche, préparation et transformation des aliments.**

02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche

02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses

02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses

02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides

07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Aucune information disponible sur les sites d'AQUAREF et de l'INERIS

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Aucune information spécifique au bifénox n'a été trouvée dans les sources consultées

RÉFÉRENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_generale_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

HSDB Bifenox [En ligne] // Hazardous Substances Data Bank. - 2003. - mars 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~SqBflv:1>.

Kilink Özgür Etude du mode d'action et du devenir d'un herbicide : l'aclonifen [Rapport] : Thèse de Doctorat / Université de Grenoble. - 2010. - p. 240 p. - Thèse soutenue le 7 juillet 2010 consultable : http://hal.univ-savoie.fr/docs/00/55/49/05/PDF/tez_ozgur.pdf.

Pojer Kathy R.M.C. Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Substances dangereuses dans les eaux usées urbaines // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 (Villeurbanne), 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Québec Centre d'expertise en analyse environnementale Méthode d'analyse : Détermination des pesticides de type organophosphoré, triazine, carbamate, et urée substituée dans l'eau - extraction avec C-18 ; dosage par CPG-MS [En ligne]. - 2006. - <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA403Pest31.pdf>.

Zaouak A., Matoussi F. et Dachraoui M. Electrochemical Study of Diphenyl Ether Derivatives Used as Herbicides [Article] = Article ID 904570, doi : 10.4061/2011/904570 // International Journal of Electrochemistry. - 2011. - accepté le 25 février 2011. - Vol. Volume 2011. - p. 6 pages.

ZETA - CYPERMETHRINE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales⁵⁹⁷ :**

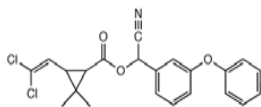
- ζ-cyperméthrin - zeta-cipermetrin
 - (S)-cyano(3-phenoxyphényl)méthyl 3-(2,2-dichloroéthényl)-2,2-diméthylcyclopropanecarboxylate
 - cyclopropanecarboxylic acid, 3-(2,2-dichloroéthényl)-2,2-diméthyl-, cyano(3-phenoxyphényl) méthyl ester, (1-α-S*), 3.α.α.)-(+,-) (CAS)
 - (1RS,3RS;1RS,3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane-1-carboxylate (IUPAC)
- | | | | |
|---------------|--------------|--------------|-------------|
| - Ammo | - Arrivo | - Barricade | - Basathrin |
| - CCN52 | - Cymbush | - Cymperator | - Cynoff |
| - Cypercopal | - Cyperguard | - Cyperkill | - Cypermar |
| - Demon | - Flectron | - Fligene CI | - Folcord |
| - Kafil Super | - NRDC 149 | - Polytrin | - PP 383 |
| - Ripcord | - Siperin | - Stockade | - Super |

Formule semi-développée : C₂₂ H₁₉ Cl₂ NO₃

N° CAS : 523-15-078 - 67375-30-8 alpha

Remarque :

CAS n°52315-07-8 dans le règl¹ 1272/2008 ECHA

Formule développée

Famille :

**Pyréthrianoïde de synthèse
Pesticide azoté
Insecticide**

Composition isomérique

cis/trans : 40/ 60

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 416 g/mol (PPDB, 2011) 416,30 g/mol (Extoxnet, 2012)

Solubilité dans l'eau : 0,01 mg/l à 20°C (insoluble) (Extoxnet, 2012)

0,039 mg/l à 20°C (PPDB, 2011)

<9 µg/l (AGRITOX, 2009)

Pression de vapeur : 2,53*10⁻⁷ Pa x (PPDB, 2011)

2,3*10⁻⁷ Pa à 20°C (AGRITOX, 2009)

Point éclair : 181 (PPDB, 2011)

Temps de ½ vie dans le sol : 4 jours à 56 jours en conditions aérobies (Extoxnet, 2012)

10 à 50 jours (modérément persistant) (PPDB, 2011)

360 j (ChemSpider)

Temps de ½ vie dans l'eau : 0,1 j (rapide) (PPDB, 2011)

180 j (ChemSpider)

Constante de Henry : 2,31 x 10⁻³ Pa.m³.mol⁻¹ (PPDB, 2011)

0,024 Pa.m³.mol⁻¹ à 20°C (AGRITOX, 2009)

Log Kow : 6,6 (PPDB, 2011)

5,3 - 5,6 à 25°C (AGRITOX, 2009)

Koc : 12 1786 ml/g (autre donnée : 18 326 - 285 562) (PPDB, 2011)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Soluble dans l'heptane (40,12 g/l) dans le p-xylène, l'acétone et l'éthyl acétate) (PPDB, 2011)
- Hydrolyse (stabilité) : le temps de demi-vie va de 1 302 jours à pH3 (cis) à 0,3 heures à pH11 (trans) (AGRITOX, 2009)
- Photolyse dans l'eau : ½ vie à pH4 : 12,4 - 14,8 j en lumière solaire d'été (AGRITOX, 2009)
- Absence de dissociation dans l'eau (AGRITOX, 2009)
- Stable. Incompatible avec des bases et des agents oxydants forts (ChemSpider)

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

- acide m-phénoxybenzoïque (AGRITOX, 2009)
- acide S-dichlorovinyle-L-cystéine (DCVC) (AGRITOX, 2009)

⁵⁹⁷ Liste non exhaustive

Toxicité et écotoxicité :

NQE : pas de NQE dans la directive 2008/105/CE

Note : NQE / LQ : sans objet

PNEC : 0,01 µg/l (AGRITOX, 2009)

Occurrence dans les rejets des industries du déchet :

Le **zéta-cyperméthrine** n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁵⁹⁸

- Non facilement biodégradable.
- Données disponibles sur AGRITOX 2009.

⁵⁹⁸ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÉGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC)⁵⁹⁹ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁰⁰**
 - La zéta-cyperméthrine n'est pas concernée
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶⁰¹.
 - La zéta-cyperméthrine n'est pas concernée
- **Directive 91/414/CEE⁶⁰² relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009**
 - La cyperméthrine fait partie de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée (JO du 24/04/04)
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Acute Tox. 4	H332	Nocif par inhalation, cat.de danger 4,
	H302	Nocif en cas d'ingestion
STOT SE 3	H335	Toxicité spécifique pour certains organes cibles Exposition unique, cat.de danger 3, Irritation des voies respiratoires
	H400	Dangereux pour le milieu aquatique Danger aigu, cat. 1
Aquatic Acute 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique Danger chronique, cat. 1
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - La zéta-cyperméthrine n'est pas concernée
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁶⁰³**
 - La zéta-cyperméthrine n'est pas concernée
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁶⁰⁴**
 - La zéta-cyperméthrine n'est pas concernée
- **Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 déc. 2010**)⁶⁰⁵
 - La cyperméthrine (n°CAS 52315-07-8) fait partie des substances identifiées comme substances prioritaires au titre de la directive-cadre sur l'eau en tant que "Substances dangereuses pour l'environnement"

⁵⁹⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0060:FR:NOT>

⁶⁰⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁰¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶⁰² http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

⁶⁰³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2,250,190,28,8,6994/4/2,250,190,28,6,15

⁶⁰⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2,250,190,28,8,495/4/2,250,190,28,6,11

⁶⁰⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2,250,190,28,4,13165/docdoc=2,250,190,28,8,13164#Article_2

NÉOFORMATION

Pas de néoformation connue.

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

La synthèse industrielle de la cyperméthrine produit un mélange de huit stéréoisomères, chacun étant caractérisé par des propriétés physicochimiques et toxicologiques particulières. (Extoxnet, 2012)

Les produits chiraux naturels sont engendrés souvent sous une forme stéréoisomérique pure (acides aminés de la série L, sucres de la série D). Ceux qui sont obtenus par synthèse chimique classique, en dehors des cas de catalyse stéréospécifique, sont généralement des mélanges de stéréoisomères. Leur séparation est coûteuse. C'est pourquoi, on a longtemps considéré, surtout lorsqu'il s'agissait de détruire l'espèce cible (pesticides) et non de soigner (médicaments), que l'on pouvait se dispenser de ces séparations et utiliser le produit en mélange, les stéréoisomères inactifs ou faiblement actifs ne jouant qu'un rôle de charge. C'était négliger qu'un stéréoisomère inactif comme pesticide sur l'espèce visée pouvait manifester une activité antagoniste ou une autre activité sur la cible, ou agir sur d'autres cibles. Au vu de leur formule, le chimiste identifie clairement les stéréoisomères pour des produits différents. (Fournier, 2010)

Les lettres E, Z, R, S et les préfixes cis- et trans-, ajoutés à la formule selon des conventions établies, se rapportent à l'arrangement des atomes dans l'espace. Ces précisions permettent d'écrire la formule développée stéréochimique de la molécule en suivant aussi des règles strictes de représentation. Les stéréoisomères ont la même formule développée plane, les atomes sont enchaînés dans le même ordre, mais leur arrangement dans l'espace est différent. Leur mutuelle conversion est parfois possible. C'est une véritable réaction chimique avec rupture de liaisons interatomiques et recombinaison. (Fournier, 2010)

Utilisation générale

Utilisé depuis 1984, en général commercialisé sous forme d'une émulsion huileuse dans de l'eau, pour une utilisation en vaporisation (PPDB, 2011), la cyperméthrine est en déclin en France depuis 1988 (ANSES, 2010)

La Cyperméthrine est un pyréthrianoïde de synthèse utilisé pour lutter contre les parasites notamment la mite du coton, des parasites de fruits et de cultures maraîchères. Elle est également utilisée dans le traitement localisé et le traitement de fissures et crevasses pour lutter contre les parasites dans des magasins, entrepôts, bâtiments industriels, maisons, immeubles d'habitation, serres, laboratoires et à bord des navires, trains, cars, camions et avions. Elle peut également être utilisée dans des zones non-alimentaires d'écoles, maisons de retraite, hôpitaux, restaurants, hôtels, dans les usines de transformation des aliments, et comme traitement barrière insectifuge pour les chevaux. La Cyperméthrine technique est un mélange de huit différents isomères, dont chacun peut avoir ses propres propriétés chimiques et biologiques. La Cyperméthrine est stable à la lumière. Elle est disponible sous forme de concentré émulsifiable ou de poudre mouillable.

En hygiène publique, la cyperméthrine est utilisée pour la lutte contre les blattes, etc., et le contrôle de longue durée des mouches et moustiques, pour des applications domestiques (aérosols à action contre insectes rampants : blattes, punaises, poisson d'argent, psocques, etc.) (PPDB, 2011)

La cyperméthrine fait partie des substances actives utilisées dans les produits antiparasitaires à usage externe pour les animaux domestiques. (ANSES, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet
- Utilisation possible de la substance par exemple lors de campagnes de désinsectisation des bâtiments

Utilisation dans les autres secteurs industriels

- Préservation du bois et autres matériaux

PRÉSENCE DANS LES REJETS DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

La cyperméthrine n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Présence dans l'environnement**Compartment atmosphérique**

Des campagnes de mesures de l'air extérieur en France entre 2006 et 2008 montrent que l'heptachlore est présent à des concentrations allant de 0,05 à 2,75 µg/m³ pour les mesures hebdomadaires (ANSES, 2010)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles de la cyperméthrine dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****Présence possible de la cyperméthrine dans les déchets suivants :****02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
- 02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
- 02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
- 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 04 11* boues issues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
 - 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**Analyse des pesticides chiraux** (Fournier, 2010)

Des méthodes analytiques sont nécessaires pour identifier les différents stéréoisomères et mesurer la concentration de chacun dans les résidus qui peuvent se trouver dans les aliments et dans l'environnement. La chromatographie liquide à haute performance (CLHP) équipée de colonnes à phases chirales est la technique la plus appropriée et la plus utilisée à cette fin.

À tort, les limites maximales de résidus autorisées, fixées par les réglementations, ne distinguent qu'exceptionnellement les stéréoisomères, or nous avons vu qu'ils présentent presque toujours des toxicités différentes. Il n'est donc pas indifférent que le résidu du mélange de deux énantiomères soit composé à 90 % de l'énantiomère le plus toxique ou à 90% de l'autre. En outre, des diastéréoisomères engendrés par des épimérisations métaboliques, sous l'effet d'agents chimiques ou de la lumière, peuvent s'être formés et se révéler encore plus toxiques.

Par contre, puisque les diastéréoisomères ont des propriétés physiques et chimiques différentes, il n'est pas nécessaire pour les séparer de disposer de colonnes à phase chirale. On peut aussi séparer des énantiomères à l'aide de phases chromatographiques achirales lorsqu'ils présentent des groupes fonctionnels qui peuvent être dérivés en diastéréoisomères. Des acides chiraux énantiomères peuvent ainsi être transformés en esters d'alcool chiral, les esters diastéréoisomères ayant des propriétés physiques différentes que l'on exploitera pour les séparer.

Les connaissances accumulées sur la différence des effets biologiques de stéréoisomères laissent prévoir que les exigences de mise sur le marché de molécules stéréoisomériques seront de plus en plus grandes. Après la recherche intensive et la mise au point de catalyseurs chiraux, les chimistes ont maintenant à leur disposition des biocatalyseurs de plus en plus nombreux et faciles d'emploi. On peut donc aussi prévoir des changements déterminants et rapides dans les procédés de fabrication et la disponibilité de standards analytiques stéréochimiquement purs qui convaincront les fabricants, les utilisateurs et les pouvoirs publics, chargés des réglementations, de l'individualité des stéréoisomères.

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Biodégradation** (Fournier, 2010)

Biostéréosélectivité : la formule de cet insecticide pyréthrianoïde se signale par un carbone asymétrique et un cyclopropane porteur de deux groupes différents sur des carbones voisins. On décompte donc quatre stéréoisomères, le carbone, de configuration R ou S pouvant être associé au cycle cis- ou trans-substitué. La dégradation métabolique est sous la dépendance d'estérases. In vitro, l'hydrolyse, par les enzymes de microsomes de foie de souris, du mélange de stéréoisomères trans, est 9 fois plus rapide que celle du mélange de stéréoisomères cis. Le stéréoisomère (1R,3S) de la perméthrine est oxydé, lui, 250 fois plus vite que son énantiomère. L'efficacité de la biodégradation dépendra donc du profil des énantiomères.

RÉFÉRENCES

AGRITOX AGRITOX [En ligne] // Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques. - mars 2009. - consulté en juil. 2011. - <http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/sa.php?sa=230#debut>.

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_generale_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

Barthet L. Contribution de l'évaluation de l'impact sur les écosystèmes de la valorisation de résidus de procédés thermiques en BTP [Rapport] : Thèse de doctorat / Ecole de Chimie de Lyon - Sciences et Techniques du Déchet. - Lyon : [s.n.], 2003. - p. 218 pages. - Thèse préparée à l'ENTPE.

ChemSpider ChemSpider [En ligne] // The Free Chemical Database. - consulté en mai 2011. - <http://www.chemspider.com/>.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

e-phy e-phy [En ligne] // Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France. - Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2011. - consulté juil. 2011. - <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>.

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

Fournier J. Stéréochimie des pesticides [Revue] // Techniques de l'Ingénieur / éd. l'Ingénieur Techniques de. - 10 janvier 2010. - Chimie organique et minérale/ référence 42108210 : Vol. Physique Chimie - Référence TI053. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/sciences-fondamentales-th8/chimie-organique-et-minerale-42108210/stereochimie-des-pesticides-af6817/modes-d-action-de-la-biostereoselectivite-af6817niv10004.html#4.9.-AF6817>.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] // Some Industrial Chemicals. - 2000. - Vol. monographie 77. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/mono77-10.pdf>.

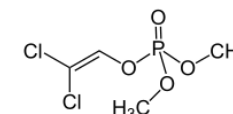
INERIS Les substances dangereuses pour les milieux aquatiques dans les rejets industriels et urbains - Bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau par les ICPE et autres installations [Rapport] : Rapport d'étude. - 2008. - p. 613 pages. - n°DRC-07-82615-13836 du 15 janvier 2008.

PPDB Zéta-cyperméthrine [En ligne] // Pesticides Properties Data Base. - Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire (U.K.), 2011. - mars 2011. - <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/682.htm>. - 2011.

DICHLORVOS

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales** ⁶⁰⁶

- 2,2-dichlorovinyl diméthyl phosphate
- 2,2-dichlorovinyl-O,O-diméthylphosphate
- 2,2-dichlorovinyl alcohol diméthyl phosphate
- 2,2-dichloroethenyl diméthyl phosphate
- 2,2-dichloroethenyl phosphoric acid diméthyl ester
- phosphate de diméthyle
- Apavap
- Chlorvinphos
- Derriban
- Dichlorophos
- Duo-Kill
- Fly-Bate
- Herkol
- Nogos
- Vaponite
- Verdipor
- Benfos,
- Cypona
- Derribante
- Didivane
- Duravos
- Fly-Die,
- Marvex
- Nuvan
- Vapona
- Verdisol,
- Cekusan,
- DDVP
- Devikol
- Doom
- Elastrel
- Fly-Fighter
- No-Pest
- Prentox
- Verdican

Formule développée**Famille :**

Pesticide organophosphoré
Insecticide
Acaricide
Anthelminthique

Formule semi-développée : C₄H₇Cl₂O₄P**N° CAS :** 62-73-7**Propriétés physico-chimiques :**

- Masse molaire :** 221 g/mol (INERIS, 2011) 220,98 g/mol (Extoxnet, 2012)
- Solubilité dans l'eau :** 1 800 mg/l (INERIS, 2011) 10 g/l (estimée) (Extoxnet, 2012)
8 000 mg/l (calculée) (ChemSpider) 8 g/l à 20°C (Feigenbrugel, 2005)
- Pression de vapeur :** ⁶⁰⁷ 290 mPa à 20°C (Extoxnet, 2012)
1,6 Pa (1,2*10⁻² mm Hg) à 20°C (IARC, 1991)
7,0 Pa à 20°C (Feigenbrugel, 2005)
2,1 Pa (1,58*10⁻² mm Hg) à 25°C (INERIS, 2011), (PPDB, 2011)
8,41 Pa à 25°C (0,0631 mm Hg) expérimentale (ChemSpider)
2,1 Pa à 25°C (1,58*10⁻² mm Hg), expérimentale (ChemSpider)
- Point éclair :** 177°C (INERIS, 2011)
14,7°C (ChemSpider)
- Temps de ½ vie dans le sol :** 7 j (INERIS, 2011)
2 j (aérobie) (PPDB, 2011)
- Temps de ½ vie dans l'eau de surface :** 4 j (INERIS, 2011)
5 h à pH 8, 7 h 42 min à pH 7, 35 h à pH 6, environ 4 j à pH 5,4 (IARC, 1991)
4,7 j à 20°C et pH 7 (hydrolyse) (PPDB, 2011)
- Constante de Henry :** 0,03 Pa.m³.mol⁻¹ (INERIS, 2011) (PPDB, 2011)
- Log Kow :** 1,9 (INERIS, 2011)
0,60 (ChemSpider) 1,47 (ChemSpider) (IARC, 1991)
- Log Koc :** 1,6 (ChemSpider) 1,7 (PPDB, 2011)

Métabolites connus - Produits de dégradation : (TOXNET)

- acide diméthyl phosphorique
- dichloroacétate
- acide dichloracétique
- dichloroéthanol

Produits de combustion : (TOXNET)

- acide phosphorique
- HCl
- CO

⁶⁰⁶ Liste non exhaustive⁶⁰⁷ Donnée d'un ordre de grandeur très différent des autres valeurs - sujette à caution

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Facilement biodégradable (INERIS, 2011)
- Hydrolysé par l'eau et facilement décomposé par les acides forts et les bases, dégradé en présence d'humidité et formation de composés acides. (IARC, 1991)
- Corrosif pour le fer et l'acier (IARC, 1991)

Toxicité et écotoxicité :

Eaux de surface intérieures : NQE⁶⁰⁸ : pas de NQE dans la directive 2008/105/CE
 NQEp⁶⁰⁹ : (Circ. 2007-23)⁶¹⁰ : 0,001 µg/l

PNEC⁶¹¹ eau douce : 1 x 10⁻⁵ µg/l (INERIS) LQ : - -

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

Le dichlorvos n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁶¹²

Dégradation facile par hydrolyse dans l'eau et les sédiments. (IARC, 1991) (PPDB, 2011)
 Biodégradable (IARC, 1991)
 Traitement possible par adsorption.
 Traitement par technique membranaire : sur effluent prétraité ou traitement de finition (OI)

⁶⁰⁸ NQE : Norme de Qualité Environnementale

⁶⁰⁹ http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_substances_Circulaire_7mai2007.pdf

⁶¹⁰ NQEp : "Norme de qualité provisoire" à retenir pour les substances pertinentes de la liste II hors métaux (liste des 99 substances")

⁶¹¹ PNEC : concentration sans effet prévisible sur l'environnement

⁶¹² Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÉGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC⁶¹³ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶¹⁴**
 - Le dichlorvos n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶¹⁵.**
 - Le dichlorvos n'est pas concerné
- **Directive 91/414/CEE⁶¹⁶ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009**
 - En décembre 2009, le dichlorvos ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (JO n° 284 du 8 décembre 2010)⁶¹⁷**
 - Le dichlorvos est concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Le dichlorvos n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁶¹⁸**
 - Le dichlorvos n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE⁶¹⁹ (ECHA)**

Catégorie de danger :		Codes de danger :	
Acute tox 3	H301	Toxique en cas d'ingestion	
Acute tox 3	H311	Toxique par contact cutané	
Skin Sens. 1	H317	Peut provoquer une allergie cutanée	
Acute tox 2	H330	Mortel par inhalation	
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique	
		Danger aigu, cat. 1	
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁶²⁰**
 - Le dichlorvos n'est pas concerné
- **Le dichlorvos fait partie des 8 substances "très prioritaires" pour la proposition de VGAI (valeurs guide pour la qualité de l'air intérieur) par l'AFSSET (ANSES, 2010)**

⁶¹³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁶¹⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶¹⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶¹⁶ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/13002a_fr.htm

⁶¹⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁶¹⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁶¹⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:fr:PDF>

⁶²⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Le dichlorvos est un métabolite du trichlorfon (IARC, 1991)

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

Pas d'information sur les voies de synthèse dans les documents consultés.

Utilisation générale

Initialement, le dichlorvos a été identifié comme une impureté fortement insecticide du trichlorfon. Le trichlorfon se transforme rapidement en dichlorvos à des pH >6. (IARC, 1991).

Le dichlorvos est un insecticide utilisé principalement en fumigation du fait de sa tension de vapeur relativement élevée. Il peut également être utilisé comme insecticide de contact. Le dichlorvos est appliqué sous forme d'aérosol ou d'appât contre les mouches et les moustiques. Il peut être appliqué directement sur le sol ou dans l'eau. Pour une utilisation comme anti-helminthique, il est aussi incorporé aux aliments du bétail. (IARC, 1991)

Le Dichlorvos est un composé organophosphoré utilisé pour contrôler les insectes des produits ménagers, des produits de santé publique et des produits entreposés. Il est efficace contre les mouches des champignons, les pucerons, les acariens, les chenilles, les thrips (bêtes d'orage) et les mouches blanches en serre, sur les cultures de fruit et de légumes en plein air. Le dichlorvos est utilisé pour traiter une variété d'infections par des vers parasites chez les chiens, le bétail et l'homme. Le dichlorvos peut être servi au bétail pour contrôler les larves de mouches parasites dans le fumier. Il agit contre les insectes à la fois comme un poison de contact et un poison de l'estomac. Il est utilisé comme fumigant et a été utilisé pour faire des colliers ou des bandes anti-parasites pour animaux. Il est disponible sous forme d'aérosols et de concentré soluble.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation systématique connue dans les procédés des industries du déchet
- L'utilisation sur les sites est possible

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Le dichlorvos n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Rejets industriels

Les principales sources de rejet dans l'environnement sont les industries productrices ou utilisatrices, le lessivage des terres agricoles ou la pulvérisation aérienne. (HSDB, 2003)

Autres types de rejets :

Usage agricole : le dichlorvos est aussi un sous-produit de dégradation du trichlorfon, il peut être retrouvé dans l'environnement lorsque cette substance est utilisée.

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

La présence du dichlorvos dans l'air est déterminée par ses conditions d'utilisation (ex. fumigation). Il se dégrade rapidement, en fonction du taux d'humidité de l'air. (IARC, 1991)

Eau

Dans l'eau, le dichlorvos est rapidement dégradé en acide diméthyl phosphorique et en acide dichloracétique. (IARC, 1991)

Sols /sédiments

Le dichlorvos est dégradé par les microorganismes du sol : *Bacillus cereus* peut l'utiliser comme seule source de carbone, certaines espèces de *Pseudomonas* isolés à partir d'eaux usées transforment le dichlorvos en dichloroéthanol, acide dichloracétique et en dichloroacétate. (IARC, 1991)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du dichlorvos dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX DE SURFACE (Québec, 2006)

Prélèvements et conditionnement

Collecte d'un échantillon représentatif dans un contenant en verre

Extraction / préparation

Extraction sur une colonne de type octadécyle.

Les pesticides retenus sur la colonne sont élués avec une solution d'acétate d'éthyle saturée d'eau. L'éluat recueilli est concentré à faible volume sous atmosphère d'argon.

Dosage

Méthode de dosage

Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse

Limite de détection : 0,03 µg/L

Limite de quantification : 0,09 µg/L

EAUX USÉES**Analyse dans des eaux usées** (Starilova, et al., 1988)

A sample (1 liter) of waste water, after the addition of NaCl (≈ 40 g), was extracted with CHCl_3 (3×50 ml) and the combined dried extracts were evaporated in vacuo to 2 ml.

A portion of the concentrate was spotted on to a Silufol TLC plate for TLC with hexane-acetone (9:1) as mobile phase. The plate was sprayed with an ammoniacal AgNO_3 solution in acetone and examined under UV radiation.

The concentration of the insecticides were found from the area of the spots and the area of standard spots containing 1 to 10 μg of the insecticide.

The limit of detection was ≈ 0.1 μg of the insecticide in a spot.

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique (Techniques de l'Ingénieur 119 septembre 2010)

Biocapteurs à enzymes - Application au suivi environnemental

Les enzymes sont des protéines ayant une fonction catalytique vis-à-vis des réactions cruciales pour la vie de la cellule. Leur site actif a une fonction de reconnaissance spécifique de la molécule qui subit la réaction, que l'on nomme substrat de l'enzyme.

Les enzymes sont classées en familles, correspondant au type de réaction catalysée. Les oxydases, les réductases et les hydrolases sont les enzymes les plus utilisées dans les biocapteurs.

L'enzyme est immobilisée sur un transducteur qui permet la détection soit de la consommation d'un co-facteur entrant dans la réaction enzymatique (exemple : l'oxygène dans le cas des oxydases) ou de l'apparition d'un produit de la réaction enzymatique. De manière générale, on associe une hydrolase à un transducteur potentiométrique ou conductimétrique ou une fibre optique permettant de détecter le changement local de pH ou de conductivité. Les enzymes réductases ou oxydases sont associées à un transducteur ampérométrique ou conductimétrique, permettant d'enregistrer les transferts électroniques. Ces transferts électroniques vers l'électrode sont favorisés par l'utilisation de médiateurs redox qui permettent d'abaisser le potentiel imposé et qui limitent les interférences avec d'autres espèces électroactives.

Les principaux polluants détectés par des biocapteurs enzymatiques sont listés dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1 – Exemples de biocapteurs enzymatiques pour la détection de polluants chimiques				
Polluant	Type d'enzyme	Transducteur	Limite de détection	Réf.
Polluants trophiques				
Nitrates	Nitrate réductase	Ampérométrique	3 μM	[17]
		Conductimétrique	5 μM	[18]
Nitrites	Nitrite réductase	Ampérométrique	4 nM	[19]
		Conductimétrique	50 nM	[20]
Phosphates	Maltose phosphorylase + Mutarotase + Glucose oxydase	Ampérométrique	1 μM	[21]
		Conductimétrique	1 μM	[22]
Matière organique (fraction protéique)	Protéinase K + Pronase	Conductimétrique	0,583 $\mu\text{g/L}$ forTOC	[23]
Micropolluants				
Bisphénol A	Tyrosinase	Ampérométrique (électrode BDD)	1 μM	[24]
		(nanotubes de carbone)	0,02 μM	[25]
17 β -estadiol	Tyrosinase	Ampérométrique	10 μM	[24]
Catéchol	Tyrosinase	Ampérométrique	0,09 μM	[26]
Pesticides organophosphorés	Organophosphorus hydrolase	Potentiométrique	1 μM	[27]
		Ampérométrique	0,1 μM	[28]
		Fibre optique	1 μM	[29]

RÉFÉRENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_gen_erale_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

ChemSpider ChemSpider [En ligne] // The Free Chemical Database. - consulté en mai 2011. - <http://www.chemspider.com/>.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Exttoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://exttoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

Feigenbrugel V. Devenir atmosphérique des pesticides : distribution entre les différentes phases de l'atmosphère et l'oxydation photochimique [Rapport] : Thèse de doctorat de Physique Chimie / Université Louis pasteur de Strasbourg. - 2005. - p. 215 pages.

HSDB Hazardous Substances Data Bank - Dichlorvos [En ligne] // Toxnet. - 2003. - mars 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~Ty0klu:1.> - 2003.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] = Dichlorvos. - 1991. - Vol. vol. 53. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/mono53-11.pdf>.

INERIS Dichlorvos [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2011. - consulté en 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/786>. - 2011.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

PPDB Dichlorvos [En ligne] // Pesticides Properties Data Base. - Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire (U.K.), 2011. - consulté en mars 2011. - <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/index.htm> - 2011.

Québec Centre d'expertise en analyse environnementale Méthode d'analyse : Détermination des pesticides de type organophosphoré, triazine, carbamate, et urée substituée dans l'eau - extraction avec C-18 ; dosage par CPG-MS [En ligne]. - 2006. - <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA403Pest31.pdf>.

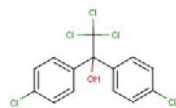
Starilova S.V. et Dedkov Yu.M. Determination of DDT, gamma-HCH or dichlorvos in effluents [Revue] // Zavod. Lab.. - 1988. - Vol. 54(1). - pp. 13-16.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

DICOFOL

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**⁶²¹

- 4-chloro- α -(4-chlorophényl)- α -(trichlorométhyl)
 - 2,2,2-trichloro-1,1-bis(y-chlorophényl)éthanol
 - Benzenemethanol
 - Akarin - Cekudifol - Decofol - Dicaron
 - Dicomite - Difol - Hilfol - Kelthane
 - Mitigan

Formule semi-développée : C₁₄H₉Cl₅O**N° CAS** : 115-32-2**Formule développée**

Familles :
 Pesticide organochloré
 Acaricide

Propriétés physico-chimiques

Masse molaire : 370,49 g/mol (INERIS, 2011) 370,51 g/mol (Extoxnet, 2012)
Solubilité dans l'eau : 1,2 mg/l à 20°C (INERIS, 2011)
 0,80 mg/l à 25°C (Extoxnet, 2012)
Pression de vapeur : 5,3.10⁻⁵ Pa à 25°C (INERIS, 2011)
Point éclair : 193°C (INERIS, 2011)
Temps de ½ vie dans le sol : 60 jours (Extoxnet, 2012)
Temps de ½ vie dans l'eau : 47 à 85 jours à pH5 (Extoxnet, 2012)
Constante de Henry : 0,015 Pa*m³/mol (INERIS, 2011)
Log Kow : 5,02 (INERIS, 2011)
Koc : entre 5000 et 41 895 l/kg (INERIS, 2011)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

• - -

Métabolites connus

• - -

Impuretés

- Le DDT est une impureté co-produite lors de la synthèse du dicofof (Extoxnet, 2012)

Toxicité et écotoxicité

NQE-Eau : 3,2.10⁻⁵ µg/L (INERIS, 2011) **NQE-CMA**⁶²² : 1,2 µg/L (INERIS, 2011)
LQ : - - **Note** : NQE / LQ : sans objet

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

L'aclonifen n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet

Traitabilité⁶²³

Traitement possible par **adsorption**

⁶²¹ Liste non exhaustive⁶²² CMA : Concentration Maximale Admissible⁶²³ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport**RÉGLEMENTATION**

- DCE** : Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶²⁴
 - Le dicofof est listé dans l'Annexe III "Substances soumises à révision pour leur possible identification comme substance prioritaire ou comme substance dangereuse prioritaire".
 - Pas de NQE établie
- Directive 91/414/CEE⁶²⁵ abrogée par le règlement CE n°1107/2009 relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent
 - En décembre 2009, le dicofof ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
 - Le dicofof est exclus de cette annexe (ANSES, 2010)
- Arrêté du 22/11/10 établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 déc 2010**)⁶²⁶
 - Le dicofof fait partie des substances identifiées comme substances prioritaires au titre de la directive-cadre sur l'eau en tant que "Substances dangereuses pour l'environnement"
- Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (**JO n°62 du 13 mars 2008**)
 - Le dicofof n'est pas concerné
- Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁶²⁷
 - Le dicofof n'est pas concerné
- Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006 du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶²⁸.
 - Le dicofof n'est pas concerné
- Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)

Catégorie de danger :	Codes de danger :	Description
Acute Tox. 4	H312	Toxicité aiguë par voie cutanée, cat. de danger 4
Acute Tox.4	H302	Nocif en cas d'ingestion
Skin Irrit. 2	H315	Corrosif/irritant pour la peau, cat.de danger 2
Skin Sens. 1	H317	Sensibilisant : peut provoquer une allergie cutanée
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger chronique, cat. 1
- Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁶²⁹
 - Le dicofof n'est pas concerné

⁶²⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>⁶²⁵ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm⁶²⁶ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docid=2.250.190.28.8.13164#Article_2⁶²⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11⁶²⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>⁶²⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NÉOFORMATION

Compte-tenu de la nature de la molécule, il est peu probable que le dicofof fasse l'objet de néoformation.

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

Le dicofof est produit à partir du DDT ; depuis 1986; le perfectionnement des procédés de synthèse permettent de limiter la contamination du dicofof à moins de 0,1% de DDT. (Extoxnet, 2012)

On notera qu'un des "buts acceptables" pour la production et l'utilisation de DDT est la synthèse du dicofof. (décret 2004-846)⁶³⁰

Utilisation générale

Le dicofof est utilisé comme agent acaricide (INERIS, 2011)

Le dicofof est un agent acaricide utilisé pour la préservation d'un grand nombre de fruits et de cultures tant ornementales qu'agricoles (Extoxnet, 2012)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Le dicofof ne fait pas l'objet d'une utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Le dicofof n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

⁶³⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2,250.190.28.8.495/4/2,250.190.28.6.11

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

Des campagnes de mesures de l'air extérieur en France entre 2006 et 2008 montrent que le dicofof n'est pas détecté par les mesures journalières (LD : 0,01 µg/m³) - que ce soit dû à une absence réelle, à une constante de Henry faible, aux dates des campagnes de mesure, ou encore à une vitesse de dégradation atmosphérique importante... (ANSES, 2010)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles du dicofof dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
- 02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
- 02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
- 07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
- 07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
- 07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
- 07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
- 07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
- 07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
- 07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
- 07 04 11* boues issues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
- 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
- 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
- 20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONDITIONNEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Il n'existe pas de méthode d'analyse spécifique (NEMI, 2000). On peut cependant citer la norme :

NF EN ISO 6468 (février 1997) Qualité de l'eau - Dosage de certains insecticides organochlorés, des polychlorobiphényles et des chlorobenzènes. Méthode par chromatographie en phase gazeuse après extraction liquide-liquide.

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Aucune information n'a été trouvée dans les sources consultées.

RÉFÉRENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_generale_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

HSDB Hazardous Substances Data Bank - Dicofof [En ligne] // Toxnet. - mars 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~u652Tu:1>.

INERIS Dicofof [En ligne] // Portail des substances chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/787>.

NEMI Orcanochlorine Pesticides by GC-ECD [En ligne]. - 2000. - mars 2011. - https://www.nemi.gov/apex/f?p=237:38:2842628855907986:::P38_METHOD_ID:4723.

HEPTACHLORE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales :**

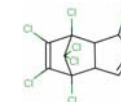
- 1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tétrahydro-4,7-méthanoindène
- 4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tétrahydro-4,7-méthanol-1H-indène
- Biarbinex
- E 3314
- Heptagran
- Termide
- Cupincida,
- Fennotox
- Heptamul
- Velsicol 104
- Drinox
- heptachlorane
- Heptox

Formule semi-développée :Heptachlore : $C_{10}H_5Cl_7$ Heptachlore époxyde : $C_{10}H_5Cl_7O$ **N° CAS :**

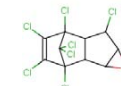
Heptachlore : 76-44-8

Heptachlore époxyde : 28044-83-9

ou 1042-57-3 (ANSES, 2010)

Formule développée

Heptachlore



Heptachlore époxyde

Familles :

Pesticide chloré
Insecticide
Cyclodiène
POPs

Propriétés physico-chimiques :**Heptachlore**

Masse molaire : 373,32 g/mol (WHO, 2006)

Solubilité eau : 0,18 mg/l à 25°C (WHO, 2006)
0,056 mg/l (Extoxnet, 2012)

Pression de vapeur : 53 mPa (WHO, 2006) (Extoxnet, 2012)

½ vie dans le sol : 250 j (WHO, 2006) (Extoxnet, 2012)
146 à 292 j (données terrain) (Extoxnet, 2012)
jusqu'à 2 ans (Ritter, et al.)

½ vie dans l'eau : 0,73 j (INERIS, 2011)

C¹⁶ de Henry : 29,75 Pa.m³/mol (WHO, 2006)

Log Kow : 6,1 (WHO, 2006)

Koc : 16 000 (WHO, 2006)

Heptachlore époxyde

Masse molaire : 398,32 g/mol (WHO, 2006)

Solubilité eau : 0,0002 mg/l 25°C (WHO, 2006)

Pression de vapeur : 3,46 kPa (WHO, 2006)

½ vie dans le sol : j

½ vie dans l'eau : x

C¹⁶ de Henry : Pa.m³.mol⁻¹

Log Kow : 5,1 (WHO, 2006)

Koc : - -

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :**Heptachlore**

- - -

Heptachlore époxyde

- - -

Métabolites connus

Non facilement biodégradable (INERIS, 2011)

Hydrolysé en Heptachlore époxyde (Extoxnet, 2012)

Toxicité et écotoxicité :**Heptachlore**NQE⁶³¹ : 2 10⁻⁸ mg/l (INERIS, 2011)⁶³²PNEC⁶³³ eau douce : 3 x 10⁻⁸ mg/l (INERIS, 2011)

Note : NQE / LQ : - -

Heptachlore époxyde

NQE : absence de donnée (Directive 2008/105/CE)

PNEC : aucune information

Note : NQE / LQ : sans objet

⁶³¹ NQE : Norme de Qualité Environnementale⁶³² <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1037>⁶³³ PNEC : concentration sans effet prévisible sur l'environnement

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

L'heptachlore n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁶³⁴

Molécule lipophile, qui s'adsorbe fortement aux particules de sédiment

Traitement possible par adsorption

Oxydation par voie humide (OVH) : Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité (nécessite l'apport de catalyseur pour les organochlorés)

RÈGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁶³⁵ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶³⁶
 - L'heptachlore n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶³⁷:
 - L'heptachlore n'est pas concerné
- **Directive n° 76/464/CEE** du 04/05/76 concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté
- **Directive 91/414/CEE**⁶³⁸ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009
 - En décembre 2009, l'heptachlore ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁶³⁹
 - L'heptachlore n'est pas concerné
- **Circulaire du 29/09/10 relative à la surveillance de la présence de micropolluants dans les eaux rejetées au milieu naturel par les stations de traitement des eaux usées**
 - Annexe III

⁶³⁴ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

⁶³⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁶³⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶³⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶³⁸ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

⁶³⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**⁶⁴⁰

Catégorie de danger : Codes de danger :

Carc. 2	H351	Cancérogénicité, cat.de danger 2
Acute Tox. 3	H311	Tox. aiguë par voie cutanée, cat.de danger 3
Acute Tox. 3	H301	Toxique en cas d'ingestion
STOT RE 2	H373	Risque présumé d'effets graves en cas d'exposition prolongée
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique - Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic	H410	Dangereux pour le milieu aquatique - Danger chronique, cat. 1

- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**
 - Annexe A de la liste des POPs de la Convention de Stockholm : "substances à éliminer de la production et de l'utilisation"⁶⁴¹
 - Aucune dérogation pour la production
 - Dérogations pour l'utilisation en tant que produit intermédiaire, solvant dans les pesticides et intermédiaire en circuit fermé sur un site déterminé.
- **Arrêté du 31/01/08 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : seuil de rejet dans l'eau : 1 kg/an⁶⁴²
- **Arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines**
 - Annexe I : listes des substances dangereuses⁶⁴³

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Pas de néoformation connue.

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse**

Pas d'information disponible dans les sources consultées

La synthèse des cyclodiènes se fait via la réaction de Diels-Alder (cyclo-addition entre un diène substitué conjugué et un alcène) à partir d'hexachloropentadiène et de cyclopentadiène. Les produits de la réaction est ensuite traité avec du chlorure d'hydrogène, du nitrométhane, en présence de trichlorure d'aluminium ou de chlorure d'iode. (Cours de chimie organique - INSA Lyon)

⁶⁴⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:fr:PDF>

⁶⁴¹ <http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

⁶⁴² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129

⁶⁴³ <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020985401&dateTexte=&categorieLien=id>

Utilisation**Utilisation de l'heptachlore :**

L'heptachlore est un insecticide organochloré cyclodiène, d'abord isolé à partir de chlordane technique en 1946. Au cours des années 1960 et 1970, il était surtout utilisé par les agriculteurs pour tuer les termites, les fourmis et les insectes du sol dans les grains de semences et dans les cultures, ainsi que par les exterminateurs et les propriétaires de maison pour tuer les termites. Avant que l'heptachlore soit interdit, les formulations disponibles comprenaient des poussières, poudres mouillables, concentrés émulsifiables, et des solutions huileuses. Il agit comme un insecticide non systémique de l'estomac et de contact. Un métabolite important de l'heptachlore est l'époxyde d'heptachlore, qui est un produit d'oxydation formé à partir de l'heptachlore par nombreuses espèces végétales et animales.

- Utilisé essentiellement comme insecticide contre les termites, les fourmis, les insectes terrestres comme les sauterelles, pour la protection des graines de semences et des cultures.
- Entre dans la composition des colles pour contreplaqués

Utilisation de l'heptachlore époxyde:

- Métabolite issu de la dégradation de l'heptachlore

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

L'heptachlore n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Présence dans l'environnement**Compartiment atmosphérique**

L'heptachlore est transporté sur de longues distances - en particulier lorsqu'il est appliqué en pulvérisation. (WHO, 2006)

Des campagnes de mesures de l'air extérieur en France entre 2006 et 2008 montrent que l'heptachlore est présent à des concentrations allant de 0,05 à 2,75 µg/m³ pour les mesures hebdomadaires (ANSES, 2010)

Eaux usées

- C_{eaux usées} entre 82 et 1 100 ng/L (WHO, 2006)

Sols /sédiments

- Fortement adsorbé aux particules de sols et aux sédiments ;
- Très persistant dans les sols (Extoxnet, 2012)
- C_{sol agricole} = 49 ng/g- de poids sec (González-Farias, et al., 2002)
- Des observations montrent qu'on peut retrouver de l'heptachlore dans le sol jusqu'à environ 15 ans après son application (Extoxnet, 2012)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS**Résumé des origines possibles de l'heptachlore dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
02 03 01 boues du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés 07 04 11* boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses 07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles de la rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONDITIONNEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Rejets municipaux et industriels - Heptachlore époxyde (EPA Méthode 608, 2000)

Rejets municipaux et industriels : Heptachlore (APHA Method 6410-B, 1998)

Dosage

Méthode de dosage : Extraction liquide / liquide et dosage par GC-MS

Limite de détection : 1,0 µg/L

Déchets et Eaux usées : Hepachlore (APHA Method 6630-C, 1998)

Dosage

Méthode de dosage : Extraction liquide / liquide et dosage par GC

Limite de détection : 0,003 µg/L

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Aucune information n'a été trouvée dans les sources consultées.

REFERENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_general_e_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

APHA Method 6410-B [Section] // Extractable Base/Neutrals and Acids in Water by Liquid-Liquid Extraction and Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. - 1998. - 20th.

APHA Method 6630-C [Section] // Organochlorine Pesticides in Water by Liquid-Liquid Extraction and Gas Chromatography. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. - 1998. - 20th.

Besse J-P. Impact environnemental des médicaments à usage humain sur le milieu récepteur : évaluation de l'exposition et des effets biologiques pour les écosystèmes d'eau douce [Rapport] = En ligne : <ftp://ftp.scd.univ-metz.fr/pub/Theses/2010/Besse.Jean.Philippe.SMZ1023.pdf> : Thèse de doctorat - Toxicologie de l'environnement / Université de Metz. - 2010. - 309 pages.

EPA Méthode 608 Gas chromatography with electron capture detection for anaysis of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls including heptachlor epoxide. [En ligne] // NOM A RETROUVER !. - 2000. - consulté en février 2011. - <http://www.epa.gov/waterscience/methods/method/organics/608.pdf>.

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

FAO Evaluation de la contamination des sols : Manuel de référence [En ligne] // FAO - RETROUVER LE TITRE !. - 2000. - consulté en janvier 2011. - <http://www.fao.org/DOCREP/005/X2570f/X2570F10.htm>.

González-Farías F. [et al.] Pesticides distribution in sediments of a tropical coastal lagoon adjacent to an irrigation district in northwest Mexico [Revue] // Environmental Technology. - 2002. - 11 : Vol. 23. - pp. 1247-1256.

HSDB Hazardous Substances Data Bank- Heptachlor [En ligne] // Toxnet. - consulté en février 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~44anJ:1>.

INERIS Heptachlore [En ligne] // Portail des Substances Chimiques. - 2011. - consulté en avril 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1037>.

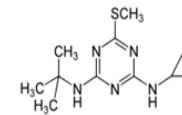
Ritter L., Solomon K.R. et Forget J. Les polluants Organiques Persistants : DDT - aldrine - dieldrine - endrine - chlordane - heptachlore - hexachlorobenzène - mirex - toxaphène - PCB - dioxines et furanes [Rapport] : Rapport d'évaluation / UNEP. - p. 56 pages. - Rapport non daté. - en ligne : <http://www.chem.unep.ch/pops/ritter/fr/ritterfr.pdf>.

WHO Heptachlore [En ligne] // World Health Organization. - 2006. - consulté en avril 2011. - <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicad70.pdf>.

IRGAROL 1051

DESCRIPTIF**Synonymes⁶⁴⁴**

N'-tert-butyl-N-cyclopropyl-6-(méthylthio)-1,3,5-triazine-2,4-diamine
Irgarol[®] 1051 Irgarol[®] 1071
Cybutrine

Formule développée

Familles :
Algicide
Triazine
composé
hétérocyclique

Formule semi-développée : C₁₁H₁₉N₅S**N° CAS** : 28159-98-0**Propriétés physico-chimiques**

Masse molaire : 253 g/mol (Sea Projet, 2007)
Solubilité dans l'eau : 7 mg/L (Sea Projet, 2007)
Pression de vapeur : 8,8 x 10⁻⁵ Pa à 20°C (Sea Projet, 2007)
Point éclair : 212,6 (ChemSpider)
Temps de ½ vie dans le sédiment : 100 - 200 jours (Sea Projet, 2007)
126 jours (ChemSpider)
Temps de ½ vie dans le sol : 120 jours (ChemSpider)
Temps de ½ vie dans l'eau : 23 - 96 jours (Sea Projet, 2007)
60 jours (ChemSpider)
Constante de Henry : 3,2 x 10⁻³ Pa.m³/mol (Sea Projet, 2007)
Log Kow : 3,95 (Sea Projet, 2007) 4,07 (ChemSpider)
Koc : 1 240 (Sea Projet, 2007)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions : - -**Métabolites connus dans les stations d'épuration** : - -**Toxicité et écotoxicité** :

NQE⁶⁴⁵ : - - **LQ** : - -
PNEC⁶⁴⁶ : - - **Note** : NQE / LQ sans objet

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

L'aclonifen n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁶⁴⁷

Traitement possible par adsorption.

⁶⁴⁴ Liste non exhaustive

⁶⁴⁵ **NQE** : Norme de Qualité Environnementale (EQS : Environmental Quality Standard)

⁶⁴⁶ **PNEC** : concentration prévisible sans effet sur l'environnement

⁶⁴⁷ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÉGLEMENTATION

- Processus de qualification en cours auprès des autorités de régulation européenne suite à la réglementation EC n° 4051/2007 qui reprend très largement la réglementation EC N° 2032/2003⁶⁴⁸
- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁶⁴⁹ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁵⁰
 - L'irgarol n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶⁵¹;
 - L'irgarol n'est pas concerné
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - L'irgarol ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Directive 91/414/CEE**⁶⁵² relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009
 - En décembre 2009, l'irgarol ne fait pas partie des mises à jour de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - L'irgarol n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁶⁵³
 - L'irgarol n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁶⁵⁴
 - L'irgarol n'est pas concerné

⁶⁴⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:307:0001:0001:EN:PDF>

⁶⁴⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁶⁵⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁵¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶⁵² http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/13002a_fr.htm

⁶⁵³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2,250,190,28,8,6994/4/2,250,190,28,6,11

⁶⁵⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2,250,190,28,8,495/4/2,250,190,28,6,11

NÉOFORMATION

Pas de néoformation connue.

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse**

Pas d'information disponible dans les sources consultées

Utilisation

L'irgarol est un algicide qui entre dans la composition des peintures anti-salissures des bateaux et dans les peintures émulsives pour les murs extérieurs. (Sea Projet, 2007), en tant qu'alternative au tributylétain. (ANSES, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

L'irgarol n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Cas des effluents des stations d'épuration urbaines :

Concentration dans des effluents de STEP en Suisse : 15 ng/L (Öllers, et al., 2001)

Présence dans l'environnement**Eau**

Adsorbé aux particules en suspension (Plagellat, 2004)
Concentration dans de l'eau de mer = 11 ng/L (Zhou, 2008)

Sols /sédiments

Concentration dans des sédiments de mer = 15 ng/g (Zhou, 2008)

Faible potentiel de mobilité dans les sédiments riches en matières organiques (Plagellat, 2004)

L'irgarol, utilisé en traitement anti-salissures en alternative au tributylétain, a été retrouvés dans les eaux de différentes stations du bassin d'Arcachon entre 2005 et 2006 à des niveaux allant de 23 ng/l à 66 ng/l (ANSES, 2010)

Une étude de 2004 citée dans un dossier de l'ANSES sur les pesticides en France rapporte que la teneur en irgarol dissous dans les eaux portuaires est corrélée à la capacité d'accueil des ports (ANSES, 2010)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles de l'irgarol dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**02 Déchets de l'agriculture, horticulture, aquaculture, sylviculture, chasse, pêche, préparation et transformation des aliments.**

- 02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche
02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses
- 02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses
02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

- 07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides
07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 04 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des substances dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONDITIONNEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**Eaux de surface (*Plagellat, 2004*)****Extraction / préparation**

Extraction liquide/liquide avec du dichlorométhane
Concentration par évaporation

Dosage**Méthode de dosage**

Par chromatographie à phase gazeuse avec un détecteur à nitrogène/phosphore et un détecteur de flamme

Eaux de surface (*SANDRE, 2004*)**Méthode de dosage**

NF EN ISO 11369, nov. 1997 (NF T 90-123) Qualité de l'eau - Dosage de certains agents de traitement des plantes - Méthode par chromatographie en phase liquide haute performance (CLHP) avec détection UV après extraction solide-liquide

Limite de détection : 3 ng/L

Limite de quantification : 5 ng/L

Boues de STEP (Plagellat, 2004)**Extraction / préparation**

Extraction réalisée 3 fois avec un mélange de solvants pentane/dichlorométhane (80/20, v/v).

Purification sur colonne de florisil.

La fraction contenant l'Irgarol 1051 est purifié sur colonne d'alumine basique.

Dosage

Méthode de dosage : Dosage par GC-MS, détecteur MS-EI

Interférences : - -

Limite de détection : 65,8 ng/kg

Limite de quantification : 109,6 ng/kg

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Aucune information n'a été trouvée dans les sources consultées.

RÉFÉRENCES

ANSES Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France [En ligne] = Rapport scientifique - Synthèse et recommandations // Agence Nationale de Sécurité Alimentaire. - Editions scientifiques - octobre, 2010. - http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/171959218396043870616875052847/exposition_population_general_e_pesticides_2010_vdef.pdf. - 365 pages.

ChemSpider ChemSpider [En ligne] // The Free Chemical Database. - consulté en mai 2011. - <http://www.chemspider.com/>.

Cresswell T. [et al.] The impact of legislation on the usage and environmental concentrations of Irgarol 1051 in UK coastal waters [Article] // Marine Pollution Bulletin. - 2006. - 10 : Vol. 52. - pp. 1169-1175. - <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X06000361>.

INERIS Irgarol [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 14/01/2011. - juin 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/cas/28159-98-0>.

Liu D. [et al.] Survey for the occurrence of the new antifouling compound Irgarol 1051 in the aquatic environment [Article] // Water Research. - 1999. - 12 : Vol. 33.

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Öllers S. [et al.] Simultaneous quantification of neutral and acidic pharmaceuticals and pesticides at the low-ng/l level in surface and waste water [Article] // Journal of Chromatography A. - 2001. - 2 : Vol. 911. - pp. 225-234.

Plagellat C. Origine et flux de biocides et filtres UV dans les stations d'épuration d'eaux usées [Rapport] : Thèse de doctorat / Ecole Polytechnique de Lausanne. - 2004. - p. 244. - Disponible sur : http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2004/3053/EPFL_TH3053.pdf. - 2004.

SANDRE Fiche paramètre SANDRE - IRGAROL [En ligne] // SANDRE. - 2004. - consulté en février 2011. - <http://services.sandre.eaufrance.fr/References/1.0.0/References.php?service=References&version=1.0.0&request=getReferenceElements&outputFormat=text/xhtml&outputSchema=&CdReferentiel=PAR&Filter=%3CFilter%3E%3CCdSandre%3E1935%3C/CdSandre%3E%3C/Filter%3E>.

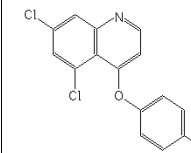
Sea Projet Biocides et additifs pour la protection des matériaux de façades - lixiviation et transfert dans le réseau d'évacuation des eaux de régions urbaines (Urbic) [En ligne] // Sea Projet. - 2007. - consulté en février 2011. - http://www.sea.eawag.ch/inhalt/sites/stoffe/pdf/Biozide_f.pdf.

Zhou John L. Occurrence and persistence of antifouling biocide Irgarol 1051 and its main metabolite in the coastal waters of Southern England [Article] // Science of the Total Environment. - 2008. - 1-2 : Vol. 406. - pp. 239-246.

QUINOXYFENE

DESCRIPTIF**Synonymes :**

5,7-dichloro-4-quinolyl 4-fluorophenyl éther
 5,7-dichloro-4-(4-fluorophenoxy) quinoline
 5,7-dichloro-4-p-fluorophénoxy-quinoline)

Formule développée

Familles :
 pesticide azoté
 composé organohalogéné
 fongicide

Formule semi-développée : C₁₅H₈Cl₂FNO

N° CAS : 124495-18-7

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 308.13 g/mol (PPDB, 1996)
Solubilité dans l'eau : 0,047 mg/L à 20°C (PPDB, 1996)
Pression de vapeur : 1,2 x 10⁻⁵ Pa à 20°C (PPDB, 1996)
Temps de ½ vie dans le sol : 374 j en condition aérobie (PPDB, 1996)
Temps de ½ vie dans l'eau : 3 - 7 j (PPDB, 1996)
Constante de Henry : 3,19 x 10⁻² Pa·m³/mol (PPDB, 1996)
Log Kow : 4,66 (PPDB, 1996)
Koc : 22 929 ml/g (PPDB, 1996)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions : - -

Métabolites connus dans les stations d'épuration : - -

Toxicité et écotoxicité :

NQE⁶⁵⁵ : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE) **Note :** NQE / LQ sans objet
PNEC⁶⁵⁶ eau douce : - -

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

L'heptachlore n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁶⁵⁷

Traitement possible par **adsorption**

⁶⁵⁵ **NQE :** Norme de Qualité Environnementale

⁶⁵⁶ **PNEC :** Concentration sans effet prévisible sur l'environnement

⁶⁵⁷ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

REGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/CE** du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁵⁸
 - Le quinoxifène est listé dans l'Annexe III "Substances soumises à révision pour leur possible identification comme substance prioritaire ou comme substance dangereuse prioritaire".
 - Pas de NQE établie
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶⁵⁹.
 - Le quinoxifène n'est pas concerné
- **Directive 91/414/CEE⁶⁶⁰ relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et des substances actives qu'ils contiennent, abrogée par le règlement CE n°1107/2009**
 - Le quinoxifène fait partie de l'annexe I qui liste les substances actives dont l'incorporation dans les produits est autorisée (JO du 24/4/2004)
- **Arrêté du 22/11/10** établissant la liste des substances définies à l'article R. 213-48-13 du code de l'environnement relatif à la redevance pour pollutions diffuses (**JO n° 284 du 8 décembre 2010**)⁶⁶¹
 - Le quinoxifène fait partie des substances identifiées comme substances prioritaires au titre de la directive-cadre sur l'eau en tant que "Substances dangereuses pour l'environnement"
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁶⁶²
 - Le quinoxifène n'est pas concerné
- **Classification selon l'annexe VI - partie 3, tableaux 3.1 et 3.2 de la liste des substances dangereuses du règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**

Catégorie de danger :	Codes de danger :	
Skin Sens 1	H317	Sensibilisant cutané, cat.de danger 1
Aquatic Acute 1	H400	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger aigu, cat. 1
Aquatic Chronic 1	H410	Dangereux pour le milieu aquatique
		Danger chronique, cat. 1
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Annexe II : Le quinoxifène n'est pas concerné⁶⁶³
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁶⁶⁴
 - annexe A : le quinoxifène n'est pas concerné

⁶⁵⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁵⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶⁶⁰ http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/plant_health_checks/113002a_fr.htm

⁶⁶¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.13165/docoid=2.250.190.28.8.13164#Article_2

⁶⁶² http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁶⁶³ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.8.1129#Annexe_II

⁶⁶⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.4954/2.250.190.28.6.11

NEOFORMATION

Pas d'information

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse**

Pas d'information disponible dans les sources consultées

Utilisation

Le quinoxifène est un pesticide à action fongicide.

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique identifiée dans les procédés des industries du déchet
- Utilisation possible de produits contenant la substance sur les sites

PRESENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Le quinoxifène n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Présence dans l'environnement

Pas d'information disponible dans les documents consultés

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du quinoxyfène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :

02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.

02 01 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche

02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses

02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses

02 03 01 boues du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides

07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 04 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant ou contaminés par des résidus de subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage

17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses

17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)

20 01 19* pesticides

PRELEVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

Pas d'information disponible dans les sources consultées

REDUCTION DES EMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Pas d'information disponible dans les sources consultées

RÉFÉRENCES

ECHA European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.

Eur. Com. Review report for the active substance quinoxyfen [Rapport] : Rapport / European Commission. - 2003. - Disponible sur: <http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/newactive/quinoxyfen.pdf>.

INERIS Quinoxyfen [En ligne] // Portail des Substances Chimiques. - 2011. - consulté en mars 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1635>.

INERIS RSDE [En ligne] // Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux / éd. MEDDTL. - 28 mai 2009. - V1.03. - consulté en mai 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

PPDB Quionxyfen [En ligne] // Pesticides Properties Database. - Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire (U.K.), 1996. - consulté en mars 2011. - <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/Reports/580.htm>.

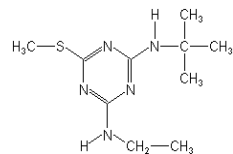
RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

TERBUTRYNE

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**⁶⁶⁵ :

- 2-(tert-butylamino)-4-(éthylamino)-6-(méthylthio)-s-triazine
- 4-diamine-N-(1,1-diméthylethyl)-N'-éthyl-6-(méthylthio)triazine,
- 2-tert-butylamino-4-éthylamino-6-méthylthio-1,3,5-triazine
- méthylthio-4-éthylamino-6-tert-butylamino-s-triazine
- N(1,1-diméthyléthyl)N'-éthyl-6-(méthylthio)-1,3,5-triazine-2,4-diamine
- Clarosan - Igran 50 - Igran 80W - GS 14260
- Prebane - Shortstop - Terbutrex - Plantonit

- avec l'atrazine (1:1) : Gesaprim Combi
- avec la trietazine : Senate
- avec le métabromuron (1:1) : Igrater 50WP

Formule semi-développée : C₁₀H₁₉N₅S**N° CAS** : 886-50-0**Formule développée****Famille :**

Triazine
Pesticide azoté
Herbicide
Algicide

Propriétés physico-chimiques :

- Masse molaire** : 241,36 g/mol (PPDB, 2011) 241,4 g/mol (Extoxnet, 2012)
- Solubilité dans l'eau** : 22 mg/L à 20°C (PPDB, 2011) 25 mg/l à 20°C (Extoxnet, 2012)
- Pression de vapeur** : 0,225 mPa (PPDB, 2011) à 25°C (Extoxnet, 2012)
- Point éclair** : 104°C (PPDB, 2011)
- Temps de ½ vie dans l'atmosphère** : 36 heures par photodégradation (PPDB, 2011)
- Temps de ½ vie dans le sol** : entre 7 et 30 jours (PPDB, 2011)
- Temps de ½ vie dans l'eau de surface** :
- Constante de Henry** : 1,50 X 10⁻³ Pa.m³/mol (PPDB, 2011)
- Log Kow** : 3,65 (PPDB, 2011)
- Koc** : 2 000 mg/L (PPDB, 2011)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- Stable dans les solutions aqueuses acides ou basiques, mais est hydrolysé par des acides ou des bases forts. (Extoxnet, 2012)
- Décomposé par les ultra-violetts (Extoxnet, 2012)

Métabolites connus dans les stations d'épuration : - -**Toxicité et écotoxicité :**

- NQE** : absence de donnée (Dir. 2008/105/CE) **Note** : NQE / LQ sans objet
- PNEC eau douce** : - -

Occurrence dans les rejets des industries du déchet

Le terbutryne n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁶⁶⁶

Traitement possible par **adsorption**

⁶⁶⁵ Liste non exhaustive

⁶⁶⁶ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÉGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁶⁶⁷ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁶⁸
 - Le terbutryne n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶⁶⁹:
 - Le terbutryne n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Le terbutryne n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁶⁷⁰
 - Le terbutryne n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁶⁷¹
 - Le terbutryne n'est pas concerné
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Le terbutryne ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Pas d'information sur le sujet

⁶⁶⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁶⁶⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁶⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶⁷⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁶⁷¹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production****Utilisation générale**

Le terbutryne a des effets inhibiteurs sur la photosynthèse végétale et est utilisé comme herbicide sélectif algicide.

Il est employé en agriculture pour le traitement des semis et des cultures de nombreux végétaux, en aquaculture pour contrôler le développement des plantes immergées ou flottantes ainsi que le développement algal par exemple dans les cours d'eau et les réservoirs. (Extoxnet, 2012)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique identifiée dans les procédés des industries du déchet
- Possibilité d'une utilisation pour des opérations de maintenance des espaces verts ou des installations

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Le terbutryne n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE aucune information n'est disponible à son sujet.

Présence dans l'environnement

Les supports les plus pertinents pour la surveillance de la contamination de l'environnement par le terbutryne sont le sédiment et le biote. (ANSES, 2010)

Compartiment atmosphérique :

Le terbutryne est retrouvé dans la phase gazeuse et particulaire dans l'atmosphère ambiante. Sous forme gazeuse, il est dégradé par photolyse. Sous forme particulaire, il se dépose via les retombés atmosphériques (HSDB, 2003)

Des campagnes de mesures de l'air extérieur en France entre 2006 et 2008 montrent que le terbutryne est présent à raison de de 0,06 µg/m³ pour les mesures hebdomadaires (ANSES, 2010)

Eau

Adsorbé aux particules en suspension (HSDB, 2003)

PRÉSENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles du terbutryne dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

02 Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments.

02 01 Déchets de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche

02 01 08* déchets agrochimiques contenant des subst. dangereuses

02 03 Déchets de la préparation et transformation des fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac, de la production de conserves, de levures et d'extraits de levures, préparation et fermentation de mélasses

02 03 01 boues provenant du lavage, du nettoyage, de l'épluchage, de la centrifugation et de la séparation

07 Déchets des procédés de la chimie organique

07 04 Déchets provenant de la FFDU de produits phytosanitaires organiques (sauf rubriques 02 01 08 et 02 01 09), d'agents de protection du bois (sauf section 03 02) et d'autres biocides

07 04 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses

07 04 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés

07 04 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques

07 04 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés

07 04 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation

07 04 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés

07 04 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 04 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses

07 04 12 boues provenant du traitement in situ des effluents autres que rubrique 07 04 11

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)

15 01 10* emballages contenant - ou contaminés par des résidus de subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut

16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges

16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut

16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site

16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses

16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

17 Déchets de construction et de démolition (dont déblais provenant de sites contaminés)

- 17 05 Terres (dont déblais provenant de sites contaminés), cailloux et boues de dragage
 - 17 05 03* terres et cailloux contenant des subst. dangereuses
 - 17 05 05* boues de dragage contenant des subst. dangereuses

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 01 Fractions collectées séparément (sauf section 15 01)
 - 20 01 19* pesticides

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

RÉFÉRENCES

Extoxnet [En ligne] // The EXtension TOXicology NETwork. - University of California-Davis - Oregon State University, USA, 2012. - <http://extoxnet.orst.edu/>. - Base de données sur les pesticides.

HSDB Terbutryne [En ligne] // Hazardous Substances Data Bank- Heptachlor. - Toxnet, 2003. - consulté en avril 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~Jtsc2f:1>.

PPDB Terbutryne [En ligne] // Pesticides Properties Database. - Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire (U.K.), 2011. - consulté en février 2011. - <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/Reports/624.htm>.

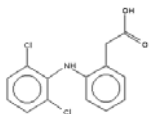
DICLOFENAC

DESCRIPTIF**Synonymes**⁶⁷²

- 2-[(2,6-Dichlorophenyl)amino]benzeneacetic acid
- diclofénac

Formule semi-développée : C₁₄H₁₁Cl₂NO₂

N° CAS : 15307-86-5

Formule développée

Famille : Médicament
Anti-inflammatoire
Analgésique
Aryl-carboxylique

Propriétés physico-chimiques

Masse molaire : 296,15 g/mol (HSDB 2005)

Solubilité dans l'eau : 2,37 mg/L à 25°C (HSDB 2005)

Pression de vapeur : - -

Point éclair : 203°C (HSDB 2005)

Temps de ½ vie dans le sol : - -

Temps de ½ vie dans l'eau : 5 jours (photodégradation) (AcadPharm, 2008)
8 jours (hydrolyse) (HSDB 2005)

Constante de Henry : - -

Log Kow : 4,51 (HSDB 2005)

Koc : 830 (HSDB 2005) 121 (Besse, 2010)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

• - -

Métabolites connus

• - -

Toxicité et écotoxicité

NQE : absence de données (Dir. 2008/105/CE)

Note : NQE / LQ : sans objet

PNEC : 10 µg/L (HSDB 2005)

Occurrence du dichlofénac dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le dichlofénac n'ayant pas été analysé dans les campagnes RSDE-1 et RSDE-2, aucune information n'est disponible à son sujet.

Traitabilité⁶⁷³

Traitement possible par **adsorption**.

Electrolyse : Le diclofénac a été initialement retenu mais des percées importantes sont survenues après des temps de fonctionnement long.

Boue activée ou bioréacteur à membrane : traitabilité relativement mauvaise

⁶⁷² Liste non exhaustive

⁶⁷³ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÈGLEMENTATION

Les réglementations, européenne et française, relatives à la qualité des eaux ne prévoient actuellement pas de surveiller la présence des résidus de médicaments dans les différents compartiments aquatiques ou de fixer des normes de qualité pour ces substances. (Ministère du développement durable)⁶⁷⁴

- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁶⁷⁵ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁷⁶
 - Le diclofénac n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶⁷⁷:
 - Le dichlofénac n'est pas concerné
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Le dichlofénac ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Le dichlofénac n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁶⁷⁸
 - Le dichlofénac n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁶⁷⁹
 - Le dichlofénac n'est pas concerné

⁶⁷⁴ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/PNRM.pdf>

⁶⁷⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0060:FR:NOT>

⁶⁷⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁷⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=ojl:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶⁷⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁶⁷⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

Pas d'informations sur la néoformation dans les documents consultés.

Comme tout médicament; le dichlofénac est naturellement rejeté dans l'environnement après son utilisation, par le biais des déjections humaines ou animales. Dans ce cas, il est accompagné de métabolites plus ou moins stables.

Les principales voies de métabolisation sont l'hydroxylation et la glycuconjugaison. Les métabolites obtenus sont dénués d'activité pharmacologique. L'excrétion du dichlofénac est à la fois urinaire et fécale. **Moins de 1% du principe actif est éliminé inchangé** dans les urines. Environ 60% de la quantité administrée est éliminée sous forme de métabolites dans les urines, le reste est éliminé dans les fèces. (Bekkais, et al., 2009)

La biotransformation du diclofénac s'effectue en partie par glycuconjugaison de la molécule intacte, mais surtout par hydroxylation simple et multiple entraînant la formation de métabolites phénoliques qui sont éliminés pour la plupart sous forme glycuconjugée. Deux de ces métabolites phénoliques sont biologiquement actifs mais à moindre degré que le diclofénac. (ODDB)

Cinq métabolites du dichlofénac ont été identifiés dans le plasma humain et l'urine : le 4'-hydroxydichlofénac, le 5-hydroxydichlofénac, le 3'-hydroxydichlofénac, le 4',5-dihydroxydichlofénac, et le 3'-hydroxy-4'-méthoxy dichlofénac. (ODDB)

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

Pas d'informations sur les voies de synthèse du diclofenac dans les documents consultés.

Utilisation

- Principe actif de médicaments anti-inflammatoires, antipyrétiques et analgésiques (inhibition de la synthèse des prostaglandines) utilisé en médecines humaine et vétérinaire
- Utilisé comme antirhumatismal non stéroïdien

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

Le diclofénac, mais aussi l'ibuprofène, l'aspirine, le naproxène et le kétoprofène sont les anti-inflammatoires les plus consommés en France (accessibles sans ordonnance et dose efficace élevée). Ils sont donc fréquemment présents en concentrations dosables dans l'environnement aquatique. (Cadiou, 2008)

Les quantités consommées en France en 2004 sont estimées à 9 895 kg (Besse, 2010)

Note : on trouve le dichlofénac dans certains rejets de l'industrie chimique fine et de l'industrie pharmaceutique, dans les rejets d'élevages industriels animaux et piscicoles ainsi que dans les boues des STEP. (Carlsson P.C., 2006)

Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets :

Le dichlofénac ne fait pas partie des substances recherchées lors des campagnes RSDE. Cette absence de données RSDE ne permet pas de se positionner sur son intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets.

Cas des rejets des décharges (Grass, et al., 2005) :

Dans le cas de la mise en décharge, les médicaments sont susceptibles d'être transmis aux eaux souterraines par les effluents du centre de stockage. Si cette première barrière est franchie, des études concordantes ont mis en évidence la résistance préoccupante des résidus de médicament concernés au retraitement en station d'épuration. La substance active du médicament est ainsi capable de gagner l'eau potable.

De récentes études montrent que dans la plupart des cas les décharges ne constituent pas la principale voie d'accès à l'environnement aquatique pour les médicaments à usage humain. Les effluents jouent un rôle bien plus significatif.

Plusieurs recherches ont toutefois montré la possible contamination des eaux souterraines par des produits mis en décharges et transmis par infiltration et lixiviats : une étude allemande (2003) conduite sur les écoulements de deux décharges municipales de Bade-Wurtemberg a montré la présence la plus fréquente dans les ordures ménagères d'analgésiques et antirhumatismeaux (**diclofénac**, paracétamol et ibuprofène), suivis par les produits de dermatologie, des expectorants et des antibiotiques ; une autre étude sur cinq écoulements de décharges municipales dans la région d'Aix-la-Chapelle a globalement confirmé ces résultats.

Cas des rejets des stations d'épurations urbaines :

Le diclofénac est métabolisé rapidement et pratiquement totalement, essentiellement au niveau du foie. L'excrétion est à la fois urinaire et fécale. **La molécule se retrouvera dans les boues de stations d'épuration, comme dans le fumier des animaux d'élevage traités.**

$C_{\text{effluent STEP}} = 289 \mu\text{g/L}$ (Nikolaou A., 2007)
 $C_{\text{effluent STEP}} = 120 \text{ ng/L}$ (Carlsson P.C., 2006)

Le projet AMPERES a montré que le dichlofénac était détecté dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 0,1 et 1 $\mu\text{g/l}$. (Choubert, et al., 2011)

La CIPEL a détecté le dichlofénac en sortie de STEP (suivi de 4 STEP en 2005) à des niveaux allant de 290 à 720 ng/l (Edder, et al., 2008)

Présence dans les effluents des autres industries**Rejets des industries du secteur de la chimie fine :**

Les entreprises qui synthétisent les molécules médicamenteuses sont susceptibles de rejeter dans l'environnement non seulement ces molécules mais aussi les produits chimiques utilisés en cours de synthèse et les produits des réactions secondaires et ce malgré les progrès importants réalisés au cours des dernières années pour améliorer les rendements des réactions et utiliser moins de réactifs nocifs. Il n'apparaît aucune information qualitative ou quantitative sur les rejets aqueux qui sont, par ailleurs, contrôlés par les autorités, mais sur des paramètres trop globaux pour déceler les traces de médicaments. Le suivi de leurs rejets de médicaments qui représentent des sources ponctuelles n'est pas effectué systématiquement car il n'est pas considéré comme créant des pollutions significatives et, de plus, l'analyse est difficile. (AcadPharm, 2008)

Rejets des industries du secteur de la pharmacie :

Même si l'industrie pharmaceutique respecte aussi les bonnes pratiques de fabrication, les normes ISO 14000 et la législation sur les installations classées, il n'est pas impossible que des rejets de substances pharmaceutiques puissent se produire. Par exemple, des rejets de 45 kg/jour de diclofénac ont été évalués dans le Rhin, à Mayence (Ternes 2001), en relation avec la présence de plusieurs sites de production. De plus ces entreprises disposent des méthodes d'analyse qui sont indispensables aux dossiers d'AMM. (AcadPharm, 2008)

Rejets des établissements de soins :

Les établissements de soins utilisent des agents chimiques très variés : biocides, réactifs de laboratoire, cosmétiques, produits phytosanitaires et, bien entendu, des médicaments et produits de diagnostic. L'élimination de ces produits peut être directe, par les professionnels du soin lors de leur utilisation, de leur préparation ou de leur administration ; elle est indirecte par les excréta des patients. (AcadPharm, 2008)

Les eaux résiduaires des établissements de soin sont donc différentes des eaux résiduaires municipales dans la mesure où elles peuvent contenir des molécules médicamenteuses spécifiques administrées exclusivement en milieu hospitalier et des concentrations très élevées de médicaments plus variés et de leurs métabolites. (AcadPharm, 2008)

Présence dans l'environnement**Eau / sédiments**

La présence de médicaments dans les eaux, et en particulier de diclofénac a fait l'objet d'un dossier dans la revue "Actualités pharmaceutiques" (n°463, mai 2007). Les concentrations annoncées sont qualifiées de faibles, de l'ordre de quelques dizaines de ng/l dans les eaux de surface et de quelques centaines de ng/l dans les effluents de STEP. (Besse, 2010)

Le projet METROC a permis de procéder à plusieurs campagnes d'analyses des contaminants hydrophiles dans l'eau de mer aux abords de l'émissaire de Cortiou (Marseille). A cette occasion, le diclofénac a été détecté à des concentrations d'environ 200 ng/l à 1 200 ng/l. (Cadiou, 2008)

Concentrations extrêmes de dichlofénac mesurées dans les différents estuaires en France (Budzinski & Togola, 06) cité par (AcadPharm, 2008) : Gironde : Id - 1 ng/l (Id : limite de détection)

Loire : Id - 6 ng/l
Adour : 8 - 23 ng/l
Seine : 0 - 28 ng/l

Dans l'eau, le dichlofénac a tendance à s'adsorber sur les particules en suspension**Concentrations observées dans les eaux :**

C_{eaux} de surface = 145 ng/L (HSDB)
C max. eau potable : 6 ng/L en Allemagne (données 2002) (DELGADO-ZAMBRANO, et al., 2009).
C eaux souterraines : 5 à 30 ng/L (ONEMA - INERIS, 2009)
C eaux brutes (potabilisables) : traces < 62 ng/L dans 10% des échantillons analysés - Agence de l'Eau Adour Garonne 2006 (ONEMA - INERIS, 2009)

Sols

Les sols peuvent être contaminés en molécules médicamenteuses par les excréments des animaux d'élevage ; ils peuvent aussi être contaminés par les médicaments ou leurs métabolites encore présents dans les boues des stations d'épuration qui sont épandues sur les champs. (AcadPharm, 2008)

PRÉSENCE POTENTIELLE DANS LES DÉCHETS**Résumé des origines possibles du dichlofénac dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****07 Déchets des procédés de la chimie organique**

07 05 Déchets provenant de la FFDU des produits pharmaceutiques
07 05 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
07 05 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 05 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 05 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
07 05 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 05 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
07 05 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 05 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
07 05 13* déchets solides contenant des subst. dangereuses

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

18 Déchets provenant des soins médicaux ou vétérinaires et/ou de la recherche associée (sauf déchets de cuisine et de restauration ne provenant pas directement des soins médicaux)

18 01 Déchets des maternités, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies de l'homme

18 01 02 déchets anatomiques et organes, dont sacs de sang et réserves de sang (sauf rubrique 18 01 03)

18 01 09 médicaments autres que la rubrique 18 01 08

18 02 Déchets de la recherche, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies des animaux

18 02 02* déchets dont la collecte et l'élimination font l'objet de prescriptions vis-à-vis des risques d'infection

18 02 08 médicaments autres que la rubrique 18 02 07

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usés hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

19 07 Lixiviats de décharges

19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses

19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs

19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

20 03 Autres déchets municipaux

20 03 04 boues de fosses septiques

20 03 06 déchets provenant du nettoyage des égouts

Note sur les médicaments dans les déchets des ménages :

En France, le système CYCLAMED s'inscrit la perspective de réduction à la source des pollutions. En rapportant ses médicaments non utilisés (MNU) au pharmacien d'officine, le patient a la garantie de leur élimination respectueuse de l'environnement, par incinération avec récupération d'énergie. Ceci évite de les voir jetés à la poubelle et rejoindre encore trop souvent une décharge ou encore jetés dans les toilettes, avec la pollution des eaux qui en résulte. Les conclusions de l'enquête de l'IGAS sur les perturbations du fonctionnement de CYCLAMED vont dans le sens d'une meilleure récupération et d'un traitement par incinération des médicaments récoltés. (AcadPharm, 2008)

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE

EAUX DE SURFACE (AQUAREF, 2009)

Préparation

Avant extraction : filtration sur un filtre en fibre de verre

Extraction / préparation

Extraction sur phase solide SPE (HLB Oasis)

Evaporation à sec

Dosage

Méthode de dosage

Analyse en chromatographie phase liquide (ESI+) couplée à la spectrométrie de masse à trappe ionique

Limite de détection : - -

Limite de quantification : 7 ng/L

EAUX USEES (STEP)

Dosage HPLC (Andreozzi, et al., 2003)

L'échantillon aqueux est analysé avec un appareil HPLC 1000 équipé d'un détecteur à diodes UV-visible

La séparation chromatographique est réalisée à l'aide de colonnes de type RP-C6 Phenomenex, 250 mm x 3,2 mm. Les analytes subissent une séparation isocratique (0,5 ml/mn), avec des mélanges de solvants : a) H₂O (500) : CH₃OH (25) : H₃PO₄ (2) et b) (CH₃CN). Pour le diclofenac, le mélange utilisé est de 60% du mélange a) et 40% de b).

L'absorption molaire est calculée à partir de l'absorbance UV d'une solution tamponnée à pH 5,5 mesurée avec un spectrophotomètre UV-visible dans une cellule de quartz d'un cm de profondeur.

Analyse GC-MS (Andreozzi, et al., 2003)

Cet article décrit avec de nombreux détails techniques une méthode d'extraction et d'analyse de divers médicaments dans les eaux

Les substances concernées sont : carbamazépine, clofibrate, phénazone, aminopyrin, acide clofibrac, **diclofenac**, fénofibrate, fénoprophène, flurbiprofène, gemfibrozil, ibuprofène, ketoprofène et naproxène

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT

Changement de process : séparation et des urines à la source

Les eaux usées domestiques et hospitalières étant les sources principales d'apport de médicaments dans les eaux naturelles, certains projets visent à évaluer la faisabilité technique du traitement direct des urines de façon à abattre significativement ce type de micropolluants. Le projet Novaquatis (en cours depuis 2000) illustre ce type de démarche⁶⁸⁰.

Des expériences ont été menées dans des établissements de soin pour équiper des toilettes séparant les solides des liquides afin de traiter spécifiquement et localement les urines pour ne pas rejeter les résidus dans les égouts. Technologiquement, des solutions existent mais la balance coût/bénéfice devra éclairer les décideurs. (AcadPharm, 2008)

Changement de process : filtration sur membrane des urines collectées séparément

Des expérimentations grandeur nature de filtration directe des urines humaines ont été réalisées en Suisse. Le taux de rétention du diclofenac varie selon les membranes : 95% pour une membrane de type NF270 et environ 45% pour une membrane DS5 ; la membrane N-30-F. (Rossi, et al., 2008)

TRAITEMENT DES EAUX USEES

Photo-oxydation

Le diclofenac peut être dégradé par photo-oxydation. Il importe cependant de rester prudent sur les valeurs des concentrations environnementales publiées car il existe des effets de matrice avec une sous-estimation pouvant aller jusqu'à 40%. (AcadPharm, 2008)

Adsorption (AMPERES)

L'adsorption du diclofenac dépend de l'acidité, de l'hydrophobicité et des interactions électrostatiques entre les molécules et les particules ou les organismes

Biodégradation (AMPERES)

La biodégradation est le mécanisme principal pour la réduction des médicaments en phase dissoute

Traitement dans des Stations d'Épuration (STEP)

Les acides humiques jouent un rôle de filtre vis-à-vis du diclofenac (Andreozzi, et al., 2003)

Les taux de destruction dans les stations d'épuration d'eaux usées varient de 26 % à 92 % respectivement pour le **diclofenac** et l'ibuprofène d'après leurs mesures en amont et en aval mais ces taux peuvent varier fortement d'une station d'épuration à l'autre et aussi en fonction de l'âge des boues activées. (AcadPharm, 2008)

Le diclofenac est assez mal éliminé, avec des taux variables de 17 à 70 % dans les stations d'épuration, ce qui explique sa présence assez fréquente dans les eaux de surface. Son taux d'élimination dans les STEP est donc assez réduit, avec parfois des taux supérieurs dans les effluents que dans les affluents. (AcadPharm, 2008)

Les données de plusieurs auteurs établissent que les taux d'élimination du diclofenac par les stations d'épuration d'eaux usées domestiques vont de moins de 10% à 80%, avec une moyenne de 75% (Besse, 2010)

La réduction du diclofenac par les STEP est attribuée tant à des phénomènes physiques (adsorption sur les boues) qu'à des mécanismes de biodégradation (Besse, 2010)

⁶⁸⁰ www.novaquatis.ch

Remarque : Les stations d'épuration des eaux usées urbaines n'ont pas été conçues pour traiter spécifiquement des composés organiques à l'état de traces comme le sont les médicaments (AcadPharm, 2008)

Les facteurs défavorables dans le traitement des résidus médicamenteux dans les stations d'épuration (AcadPharm, 2008) : en dehors des problèmes d'efficacité des STEP vis-à-vis des résidus de médicaments, certains phénomènes néfastes peuvent aussi se produire dans les stations d'épuration :

- la déconjugaison des molécules éliminées sous forme glucurono- ou sulfo-conjuguée
- la conversion partielle en estrone du 17- β -estradiol
- la réduction de médicaments acides,
- l'absence d'absorption par les boues des substances les plus hydrophiles que l'on retrouve donc plus facilement à la sortie des stations (cas de la carbamazépine),
- la concentration des substances lipophiles par adsorption dans les boues qui peut poser un problème sanitaire si ces boues sont épandues à des fins agricoles,
- la photodégradation dans les procédés de lagunage,
- d'autres facteurs ne sont pas liés au procédé de traitement de l'eau comme c'est le cas du régime des pluies : Ternes (1998) a observé près de Francfort-sur-le-Main qu'au cours d'une période de temps très pluvieux, l'augmentation du flux d'eau à traiter a fait chuter considérablement l'efficacité du traitement qui est passé de 60% en moyenne en période normale à moins de 5%.

Traitement par bioréacteur à membrane (DELGADO-ZAMBRANO, et al., 2009)

Deux études ont montré un pourcentage moyen d'élimination du diclofenac par un bioréacteur à membrane de 58% (9 échantillons, boues âgées de plus de 230 jours) et de 87,4% (10 échantillons, boues âgées de plus de 230 jours).

Traitement par boues activées (DELGADO-ZAMBRANO, et al., 2009)

Deux études ont montré un pourcentage moyen d'élimination du diclofenac par des boues activées de 24% (9 échantillons, boues activées âgées de 12 à 14 jours) et de 50,1% (8 échantillons, boues activées âgées de 3 jours).

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

Le rendement d'élimination du diclofenac par les boues activées avec aération prolongée est inférieur à 30%.

Traitement par charbon actif (DELGADO-ZAMBRANO, et al., 2009)

Le charbon actif peut retenir la quasi-totalité des contaminants organiques ; toutefois, la capacité d'élimination est limitée par le temps de contact, les phénomènes de compétition avec des matières organiques naturelles, la solubilité des contaminants et le type de carbone.

Traitement par filtration (DELGADO-ZAMBRANO, et al., 2009)

Les membranes d'osmose inverse et de nanofiltration sont des barrières efficaces pour la rétention de micropolluants, tandis que les membranes de microfiltration et d'ultrafiltration sont des barrières sélectives pour certains micropolluants avec des propriétés spécifiques. Certains auteurs semblent obtenir des résultats satisfaisants sur le diclofenac.

Traitement par Photodégradation dans des effluents de STEP (Andreozzi, et al., 2003)

La persistance à la photodégradation a été évaluée pour 6 composés pharmaceutiques, dont le diclofenac. Les résultats montrent que la $\frac{1}{2}$ vie par photodégradation est de 5 jours en hiver aux latitudes les plus élevées (50°N). La présence de nitrates dans les eaux et de substances humiques jouent un rôle dans la rapidité des réactions de photodégradation du diclofenac.

RÉFÉRENCES

Académie Nationale de Pharmacie Médicaments et Environnement [En ligne] = Rapport de l'Académie nationale de Pharmacie // Académie Nationale de Pharmacie. - septembre 2008. - 105 pages. - http://www.acadpharm.org/dos_public/1_Rapport_Med_Env_version_JMH_def_JPC.pdf. - 105 pages.

AcadPharm Rapport - Médicaments et Environnement [Rapport] : Ouvrage collectif / Académie Nationale de Pharmacie. - Paris : [s.n.], 2008. - p. 105 pages. - Document en ligne sur le site www.acadpharm.org.

AMPERES [Article]. - <https://projetamperes.cemagref.fr/Documentation%20projet%20AMPERES>. .

Andreozzi R., Marotta R. et Paxéus N. Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment [Revue] // Chemosphere / éd. Pergamon. - 2003. - Vol. 50. - pp. 1319-1330. - www.elsevier.com/locate/chemosphere.

AQUAREF Composés pharmaceutiques - Méthodes d'analyse dans les eaux douces et souterraines par SPE L MS [En ligne] // AQUAREF. - 2009. - mars 2011. - <http://www.aquaref.fr/system/files/Fiche+MA14-230309+.pdf>.

Bekkais S., Allel K. et Abadi I. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) [En ligne] = Mémoire de Licence en biochimie appliquée de l'Université Badji Mokhtar de Annaba - Maroc // Mémoire on Line. - 2009. - http://www.memoireonline.com/01/12/5156/m_Les-anti-inflammatoires-non-sterodiens-AINS8.html.

Besse J-P. Impact environnemental des médicaments à usage humain sur le milieu récepteur : évaluation de l'exposition et des effets biologiques pour les écosystèmes d'eau douce [Rapport] = En ligne : <ftp://ftp.scd.univ-metz.fr/pub/Theses/2010/Besse.Jean.Philippe.SMZ1023.pdf> : Thèse de doctorat - Toxicologie de l'environnement / Université de Metz. - 2010. - 309 pages.

Cadiou J-F. IFREMER Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Devenir des contaminants chimiques en Méditerranée // GRAIE / éd. Villeurbanne 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 -. - 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Carlsson P.C. Joh A.K. Are pharmaceuticals potent environmental pollutants ? : Part I : Environmental risk assessments of selected active pharmaceutical ingredients [Article] // Science of Total Environment. - 2006. - Vol. 364 (1-3). - pp. 67-87.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

DBB médicaments Diclofenac [En ligne] // Base de données médicaments. - SantéPratique.fr. - <http://www.santepratique.fr/>.

DELGADO-ZAMBRANO L. F. et ALBASI C. Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialité de traitement [Article] // Techniques de l'Ingénieur. - 2009. - RE n°141.

Edder P. et Rapin F., CIPEL Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Pollution du Léman par les micropolluants : situation actuelle et stratégie de gestion // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 - Villeurbanne, 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Grass E. et Lalande F. Enquête sur le dispositif de recyclage des médicaments "CYCLAMED" [Rapport] / IGAS. - 2005. - p. 141 pages. - consultable : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000106/0000.pdf>. - Rapport n° 2005-001 de janvier 2005.

HSDB Hazardous substance data bank - Diclofenac [En ligne] // Toxnet. - mars 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?/.temp/~unGm2Q:1>.

Lechat Ph. Pharmacologie [En ligne] = Cours DCEM1 - 2006-2007 // Faculté de Médecine Pierre & Marie Curie. - 2007. - <http://www.chups.jussieu.fr/polys/pharmaco/poly/index.html>. - 349 pages.

Nikolaou A. Meric S., Fatta. D. Occurrence patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments [Article] // Analytical and Bioanalytical Chemistry. - 2007. - Vol. 387. - pp. 1225-1234.

ODDB Ch.oddb.org [En ligne] // Open Drug Database. - <http://ch.oddb.org/fr/gcc/fachinfo/reg/56762/chapter/kinetic>.

ONEMA - INERIS Les substances émergentes dans l'environnement - Note de synthèse sur les produits pharmaceutiques, les cosmétiques et les produits d'hygiène corporelle [En ligne] // AQUAREF / éd. AQUAREF. - octobre 2009. - http://www.aquaref.fr/system/files/R_09_06381C_Action29_VF.pdf. - 66 pages.

Rossi L., EPFL, Larsen T. A. et Lienert J., EAWAG Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Réduction des micropolluants présents dans les eaux usées - Lutte à la source pour la rétention de micropolluants dans les eaux // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 - Villeurbanne, 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

IBUPROFENE

DESCRIPTIF**Synonymes**⁶⁸¹

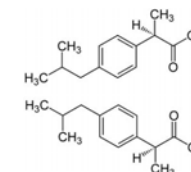
- acide alpha-méthyl-4-(2-méthylpropyl)-benzénéthanoïque
- acide alpha-méthyl-4-(2-méthylpropyl)-benzénacétique
- acide 2-[4-(2-méthylpropyl)-phényl]-propanoïque
- acide (isobutyle-4-phényl)-2 propionique
- benzenacetic acid, alpha-methyl-4(2-methylpropyl)
- 4-isobutyl-hydratropic acid

Formule semi-développée : C₁₃ H₁₈ O₂

N° CAS : 15687-27-1 : RS

51146-56-6 : énantiomère S(+)

51146-57-7 : énantiomère R (-)

Formule développée

Famille : médicament
anti-inflammatoire
analgésique

Propriétés physico-chimiques :

Masse molaire : 206,28 g/mol (HSDB)

Solubilité dans l'eau : 21 mg/L à 25°C (HSDB)

Pression de vapeur : 4,7 10⁻⁵ mm Hg à 25°C (HSDB)

Point éclair : - -

Temps de ½ vie dans le sol : biodégradable dans les sols (TOXNET)

Temps de ½ vie dans l'eau : 20 j à 37°C avec 200 ng/l d'un mélange racémique (TOXNET)
quelques heures à quelques jours (AcadPharm, 2008)

Constante de Henry : 1,5 10⁻⁷ atm.m³/mol (TOXNET) (non volatil)

Log Kow : 3,97 (TOXNET)

Koc : 3 400 (TOXNET)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions :

- --

Métabolites connus dans les stations d'épuration :

En milieu aérobie : dééthylatrazine

Toxicité et écotoxicité :

NQE⁶⁸² : absence de données (Dir. 2008/105/CE)

Note : NQE / LQ : sans objet

PNEC⁶⁸³ : pas de fiche dans la base du Portail des Substances Chimiques l'INERIS⁶⁸⁴

Occurrence de l'ibuprofène dans les rejets des industries du secteur des déchets

L'ibuprofène ne fait pas partie des substances recherchées lors des campagnes RSDE.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

En l'absence de données RSDE, il n'est pas possible de se positionner sur l'intérêt de l'ibuprofène dans les rejets des industries du secteur des déchets.

Traitabilité⁶⁸⁵

Traitement biologique, boue activée ou bioréacteur à membrane

Traitement possible par adsorption.

Traitement possible par membranes (efficacité variable selon les membranes)

Traitement complémentaire : Filtre à sable continu

Traitement secondaire ou de finition : Traitement à l'ozone.

Electrodialyse

⁶⁸¹ Liste non exhaustive

⁶⁸² **NQE** : Norme de Qualité Environnementale

⁶⁸³ **PNEC** : Concentration sans effet dans l'environnement

⁶⁸⁴ <http://www.ineris.fr/substances/fr/>

⁶⁸⁵ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÉGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁶⁸⁶ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁸⁷
 - L'ibuprofène n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶⁸⁸.
 - L'ibuprofène n'est pas concerné
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - L'ibuprofène ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - L'ibuprofène n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁶⁸⁹
 - L'ibuprofène n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁶⁹⁰
 - L'ibuprofène n'est pas concerné

SYNTHÈSE ET NÉOFORMATION**Néoformation**

Compte tenu de la complexité des voies de synthèse de l'ibuprofène, la néoformation de cette molécule dans les installations de traitement des déchets semble improbable.

⁶⁸⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁶⁸⁷ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁸⁸ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶⁸⁹ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

⁶⁹⁰ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse**

La synthèse de l'ibuprofène peut se faire par différentes voies dont le traitement de l'éthyl 4-isobutyl-phénylacétate et du diéthyl-carbonate par du sodium éthoxyde gazeux, ce qui produit du diéthyl 4-isobutyl-phénylmalonate, qui est ensuite méthylyé en présence d'iode et de sodium. Une réaction de saponification puis de décarboxylation sont ensuite nécessaires. (HSDB)

Utilisation

- Principe actif de médicaments anti-inflammatoires, analgésiques et anti-pyrétiques (HSDB)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT

L'ibuprofène, mais aussi le diclofénac, l'aspirine, le naproxène et le kétoprofène sont les anti-inflammatoires les plus consommés en France (accessibles sans ordonnance et dose efficace élevée). Ils sont donc fréquemment présents en concentrations dosables dans l'environnement aquatique. (Cadiou, 2008)

Selon des données de 2004-2006, l'ibuprofène fait partie des médicaments consommés à raison de plus de 100 tonnes par an en France (Besse, 2010).

Rejets dans les effluents des industries du secteur des déchets :

L'ibuprofène ne fait pas partie des substances recherchées lors des campagnes RSDE. Cette absence de données RSDE ne permet pas de se positionner sur son intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets.

Cas des rejets des décharges (Grass, et al., 2005) :

Dans le cas de la mise en décharge, les médicaments sont susceptibles d'être transmis aux eaux souterraines par les effluents du centre de stockage. Si cette première barrière est franchie, des études concordantes ont mis en évidence la résistance préoccupante des résidus de médicament concernés au retraitement en station d'épuration. La substance active du médicament est ainsi capable de gagner l'eau potable.

De récentes études montrent que dans la plupart des cas les décharges ne constituent pas la principale voie d'accès à l'environnement aquatique pour les médicaments à usage humain. Les effluents jouent un rôle bien plus significatif.

Plusieurs recherches ont toutefois montré la possible contamination des eaux souterraines par des produits mis en décharges et transmis par infiltration et lixiviats : une étude allemande (2003) conduite sur les écoulements de deux décharges municipales de Bade-Wurtemberg a montré la présence la plus fréquente dans les ordures ménagères d'analgésiques et antirhumatismeaux (diclofénac, paracétamol et **ibuprofène**), suivis par les produits de dermatologie, des expectorants et des antibiotiques ; une autre étude sur cinq écoulements de décharges municipales dans la région d'Aix-la-Chapelle a globalement confirmé ces résultats.

Cas des rejets des stations d'épuration des eaux usées urbaines :

- Le projet AMPERES a montré que l'ibuprofène était détecté dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines, à des concentrations entre 10 et 100 µg/l. (Choubert, et al., 2011)
- L'ibuprofène a été dosé dans des rejets de stations d'épuration domestiques en Suisse à des concentrations supérieures à 3 µg/L (TOXNET)
- L'ibuprofène n'a été détecté dans aucun des 16 échantillons d'effluents de stations d'épuration domestiques en Allemagne, avec une LQ = 0,01 µg/L (étude publiée en 1998 dans la revue Water Research) (TOXNET)
- La CIPEL a détecté l'ibuprofène en sortie de STEP (suivi de 4 STEP en 2005) à des niveaux allant de 1 200 à 1 700 ng/l (Edder, et al., 2008)

Autres types de rejets :

Rejets des industries du secteur de la chimie fine :

Les entreprises qui synthétisent les molécules médicamenteuses sont susceptibles de rejeter dans l'environnement non seulement ces molécules mais aussi les produits chimiques utilisés en cours de synthèse et les produits des réactions secondaires et ce malgré les progrès importants réalisés au cours des dernières années pour améliorer les rendements des réactions et utiliser moins de réactifs nocifs. Il n'apparaît aucune information qualitative ou quantitative sur les rejets aqueux qui sont, par ailleurs, contrôlés par les autorités, mais sur des paramètres trop globaux pour déceler les traces de médicaments. Le suivi de leurs rejets de médicaments qui représentent des sources ponctuelles n'est pas effectué systématiquement car il n'est pas considéré comme créant des pollutions significatives et, de plus, l'analyse est difficile. (AcadPharm, 2008)

Rejets des industries du secteur de la pharmacie :

Même si l'industrie pharmaceutique respecte aussi les bonnes pratiques de fabrication, les normes ISO 14000 et la législation sur les installations classées, il n'est pas impossible que des rejets de substances pharmaceutiques puissent se produire. De plus ces entreprises disposent des méthodes d'analyse qui sont indispensables aux dossiers d'AMM. (AcadPharm, 2008)

Rejets des établissements de soins :

Les établissements de soins utilisent des agents chimiques très variés : biocides, réactifs de laboratoire, cosmétiques, produits phytosanitaires et, bien entendu, des médicaments et produits de diagnostic. L'élimination de ces produits peut être directe, par les professionnels du soin lors de leur utilisation, de leur préparation ou de leur administration ; elle est indirecte par les excréta des patients. (AcadPharm, 2008)

Les eaux résiduaires des établissements de soin sont différentes des eaux résiduaires municipales dans la mesure où elles peuvent contenir des molécules médicamenteuses spécifiques administrées exclusivement en milieu hospitalier et des concentrations très élevées de médicaments plus variés et de leurs métabolites. (AcadPharm, 2008)

Présence dans l'environnement

Compartiment atmosphérique

Pas d'information dans les sources consultées

Eau / sédiments

Dans l'eau, l'ibuprofène **n'a pas** tendance à s'adsorber sur les particules en suspension (TOXNET)

L'ibuprofène n'a pas été détecté dans 26 échantillons prélevés dans 20 rivières allemandes, avec une LQ = 0,01 µg/L (article paru dans Water Research en 1998) (TOXNET)

La présence de médicaments dans les eaux, et en particulier de l'ibuprofène, a fait l'objet d'un dossier dans la revue "Actualités pharmaceutiques" (n°463, mai 2007). Les concentrations annoncées sont qualifiées de faibles, de l'ordre de quelques dizaines de ng/l dans les eaux de surface et de quelques centaines de ng/l dans les effluents de STEP. (Besse, 2010)

La concentration maximale en ibuprofène retrouvée dans de l'eau potable a été de 3 ng/L en Allemagne (données 2002) (Delgado-Zambrano, et al., 2009).

Le projet METROC a permis de procéder à plusieurs campagnes d'analyses des contaminants hydrophiles dans l'eau de mer aux abords de l'émissaire de Cortiou (Marseille). A cette occasion, l'ibuprofène a été détecté à des concentrations de quelques ng/l à plus de 1 200 ng/l. (Cadiou, 2008)

Concentrations extrêmes d'ibuprofène mesurées dans les différents estuaires en France (Budzinski & Togola, 06) cité par (AcadPharm, 2008) :

Gironde : ld - 2 ng/l (ld : limite de détection)
Loire : ld - 9 ng/l
Adour : 14 - 37 ng/l
Seine : 0 - 45 ng/l

Les études sur la présence des médicaments **dans les sédiments** sont peu nombreuses. En Italie, l'ibuprofène a été trouvé à raison de 220 ng/kg dans les sédiments de la rivière Lambro. (AcadPharm, 2008)

Concentrations ubiquitaires dans l'eau :

- C_{eaux de surface} = 2 à 8 ng/l (différents prélèvements en Suisse en 1999) (TOXNET)

- C_{max eaux de surface} = 1,0 µg/l (présence dans 9,5% des prélèvements réalisés sur 139 cours d'eau américains entre 1999 et 2000) (TOXNET)

Sols

Les sols peuvent être contaminés en molécules médicamenteuses par les excréments des animaux d'élevage ; ils peuvent aussi être contaminés par les médicaments ou leurs métabolites encore présents dans les boues des stations d'épuration qui sont épandues sur les champs. (AcadPharm, 2008)

PRESENCE POTENTIELLE DANS LES DECHETS

Résumé des origines possibles de l'ibuprofène dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de l'ibuprofène dans les déchets suivants :**07 Déchets des procédés de la chimie organique**

- 07 05 Déchets provenant de la FFDU des produits pharmaceutiques
- 07 05 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 05 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 05 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 05 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 05 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 05 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 05 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 05 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 05 13* déchets solides contenant des subst. dangereuses

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

18 Déchets provenant des soins médicaux ou vétérinaires et/ou de la recherche associée (sauf déchets de cuisine et de restauration ne provenant pas directement des soins médicaux)

- 18 01 Déchets des maternités, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies de l'homme
- 18 01 02 déchets anatomiques et organes, dont sacs de sang et réserves de sang (sauf rubrique 18 01 03)
 - 18 01 09 médicaments autres que la rubrique 18 01 08
- 18 02 Déchets de la recherche, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies des animaux
- 18 02 02* déchets dont la collecte et l'élimination font l'objet de prescriptions vis-à-vis des risques d'infection
 - 18 02 08 médicaments autres que la rubrique 18 02 07

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 03 Autres déchets municipaux
- 20 03 04 boues de fosses septiques
 - 20 03 06 déchets provenant du nettoyage des égouts

Note sur les médicaments dans les déchets des ménages :

En France, le système CYCLAMED s'inscrit la perspective de réduction à la source des pollutions. En rapportant ses médicaments non utilisés (MNU) au pharmacien d'officine, le patient a la garantie de leur élimination respectueuse de l'environnement, par incinération avec récupération d'énergie. Ceci évite de les voir jetés à la poubelle et rejoindre encore trop souvent une décharge ou encore jetés dans les toilettes, avec la pollution des eaux qui en résulte. Les conclusions de l'enquête de l'IGAS sur les perturbations du fonctionnement de CYCLAMED vont dans le sens d'une meilleure récupération et d'un traitement par incinération des médicaments récoltés. (AcadPharm, 2008)

PRÉLÈVEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**Eaux de surface (AQUAREF, 2009)****Conditionnement**

- Les échantillons sont conservés à l'obscurité à 4°C à l'abri de la lumière et seront extraits dans la semaine suivant leur arrivée
- Nature du contenant : verre ambré
- Lavage du contenant : Contenant neuf

Filtration

- Type de filtre et méthode de nettoyage : Filtre en fibre de verre (masse spécifique compris entre 50 et 100 g/m²)
- Type de support de filtration : Fiole à vide (nettoyage à 500 °c au four)

Extraction / préparation

- Extraction automatique SPE par Autotrace avec Cartouche Oasis HLB (masse d'adsorbant : 500 mg, volume de la cartouche : 6 ml, diamètre des particules : 60 µm)
- Ajusté à pH = 7 l'échantillon avant l'extraction par ajout d'acide acétique
 - Conditionnement (5 ml/min) de la cartouche 5 ml MeOH et 5 ml d'eau pH7
 - Chargement de l'échantillon (10 ml/min)
 - Lavage (5 ml/min) avec 2 ml (eau/méthanol 90/10 v/v)
 - Séchage de la cartouche par flux d'azote
 - Elution (5 ml/min) avec 10 ml MeOH
 - Les solvants utilisés pour l'extraction sont de qualité HPLC.
 - L'extrait est évaporé à sec et repris dans 0,330ml d'un mélange eau/méthanol (Baker) 70/30 v/v

Dosage**Méthode de dosage**

Analyse en chromatographie phase liquide (ESI+) couplée à la spectrométrie de masse à trappe ionique

Limite de détection : - -

Limite de quantification : 7 ng/l

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Changement de process : séparation et des urines à la source**

Les eaux usées domestiques et hospitalières étant les sources principales d'apport de médicaments dans les eaux naturelles, certains projets visent à évaluer la faisabilité technique du traitement direct des urines de façon à abattre significativement ce type de micropolluants. Le projet Novaquatis (en cours depuis 2000) illustre ce type de démarche⁶⁹¹. (Besse, 2010)

Des expériences ont été menées dans des établissements de soin pour équiper des toilettes séparant les solides des liquides afin de traiter spécifiquement et localement les urines pour ne pas rejeter les résidus dans les égouts. Technologiquement, des solutions existent mais la balance coût/bénéfice devra éclairer les décideurs. (AcadPharm, 2008) (Besse, 2010)

Filtration sur membrane des urines collectées séparément

Des expérimentations grandeur nature de filtration directe des urines humaines ont été réalisées en Suisse. Le taux de rétention de l'ibuprofène varie selon les membranes : plus de 90% pour une membrane de type NF270, environ 50% pour une membrane DS5, et 30% pour une membrane N-30-F. (Rossi, et al., 2008)

Biodégradation

La biodégradation est le mécanisme principal pour la réduction des médicaments en phase dissoute. (AMPERES)

Dans une station d'épuration au Brésil, le taux d'abattement en ibuprofène est de 22 à 75% pour un effluent dont la concentration initiale est de 0,3 µg/l. (TOXNET)

Dans une station d'épuration domestique allemande des concentrations initiales en ibuprofène de 250 g/j sont abattues de 90% en sortie de STEP (article paru dans Water Research en 1998) (TOXNET)

⁶⁹¹ www.novaquatis.ch

Traitement dans les stations d'épuration

L'ibuprofène est le composé type des anti-inflammatoires non stéroïdiens retrouvés dans l'environnement. Il n'est pas entièrement métabolisé chez l'homme et peut donc entrer dans l'environnement sous forme de composé initial ou de métabolites. Il est présent dans les eaux usées urbaines à des concentrations parfois élevées de 1,7 jusqu'à 3,8 µg/l. Les stations d'épuration éliminent la plus grande partie avec un rendement >95%. Cette efficacité n'empêche pas qu'il ait été détecté à des concentrations de l'ordre du ng/l jusqu'à 5 µg/l dans les eaux superficielles dans de nombreux pays. (AcadPharm, 2008)

Les taux de destruction dans les stations d'épuration d'eaux usées varient de 26 % à 92 % respectivement pour le diclofénac et l'ibuprofène d'après leurs mesures en amont et en aval mais ces taux peuvent varier fortement d'une station d'épuration à l'autre et aussi en fonction de l'âge des boues activées. (AcadPharm, 2008)

Dans les STEP, la biodégradation détruit l'ibuprofène à des taux de 60 à 96 % (AcadPharm, 2008) (Besse, 2010)

La réduction de l'ibuprofène par les STEP est attribuée tant à des phénomènes physiques (adsorption sur les boues) qu'à des mécanismes de biodégradation (Besse, 2010)

Remarque : Les stations d'épuration des eaux usées urbaines n'ont pas été conçues pour traiter spécifiquement des composés organiques à l'état de traces comme le sont les médicaments (AcadPharm, 2008)

Les facteurs défavorables dans le traitement des résidus médicamenteux dans les stations d'épuration ; (AcadPharm, 2008)

En dehors des problèmes d'efficacité des STEP vis-à-vis des résidus de médicaments, certains phénomènes néfastes peuvent aussi se produire dans les stations d'épuration :

- la déconjugaison des molécules éliminées sous forme glucuronono- ou sulfo-conjuguée
- la conversion partielle en estrone du 17-β-estradiol
- la réduction de médicaments acides,
- l'absence d'absorption par les boues des substances les plus hydrophiles que l'on retrouve donc plus facilement à la sortie des stations (cas de la carbamazépine),
- la concentration des substances lipophiles par adsorption dans les boues qui peut poser un problème sanitaire si ces boues sont épandues à des fins agricoles,
- la photodégradation dans les procédés de lagunage,
- d'autres facteurs ne sont pas liés au procédé de traitement de l'eau comme c'est le cas du régime des pluies : Ternes (1998) a observé près de Francfort-sur-le-Main qu'au cours d'une période de temps très pluvieux, l'augmentation du flux d'eau à traiter a fait chuter considérablement l'efficacité du traitement qui est passé de 60 % en moyenne en période normale à moins de 5%.

Traitement par boues activées

L'élimination des médicaments dans les STEP à boues activées, technologie la plus répandue en France, n'est pas complète et variable d'un composé à un autre, ainsi qu'en fonction des saisons. Les rendements épuratoires sont très élevés pour les AINS de type ibuprofène (supérieur à 90%) (Besse, 2010)

Traitement par boues activées avec aération prolongée (Choubert, et al., 2011)

On atteint un rendement d'élimination de l'ibuprofène par les boues activées avec aération prolongée supérieur à 70%.

Electrodialyse :

L'ibuprofène a été initialement retenus mais des percées importantes sont survenues après des temps de fonctionnement long. (Wouter, et al., 2006)

Traitement des médicaments (TI RE 141)

Ibuprofène : bonne traitabilité par boue activée ou bioréacteur à membrane

Le charbon actif peut retenir la quasi-totalité des contaminants organiques ; toutefois, la capacité d'élimination est limitée par le temps de contact, les phénomènes de compétition avec des matières organiques naturelles, la solubilité des contaminants et le type de carbone. Les membranes d'osmose inverse (RO) et de nanofiltration (NF) sont des barrières efficaces pour la rétention de micropolluants, tandis que les membranes de microfiltration et d'ultrafiltration (UF) sont des barrières sélectives pour certains micropolluants avec des propriétés spécifiques.

Certains auteurs ont ainsi montré que l'élimination de l'ibuprofène est de l'ordre de 30 % dans une filière classique et passe à près de 80 % lors d'oxydation avancée. D'autres semblent obtenir des résultats satisfaisants sur la carbamazépine et le diclofénac. (Delgado-Zambrano, et al., 2009)

RÉFÉRENCES

AcadPharm Rapport - Médicaments et Environnement [Rapport] : Ouvrage collectif / Académie Nationale de Pharmacie. - Paris : [s.n.], 2008. - p. 105 pages. - Document en ligne sur le site www.acadpharm.org.

AMPERES [En ligne]. - <https://projetamperes.cemagref.fr/Documentation%20projet%20AMPERES>.

AQUAREF Composés pharmaceutiques - Méthodes d'analyse dans les eaux douces et souterraines par SPE L MS [En ligne] // AQUAREF. - 2009. - - mars 2011. - <http://www.aquaref.fr/system/files/Fiche+MA14-230309+.pdf>.

Besse J-P. Impact environnemental des médicaments à usage humain sur le milieu récepteur : évaluation de l'exposition et des effets biologiques pour les écosystèmes d'eau douce [Rapport] = En ligne : <ftp://ftp.scd.univ-metz.fr/pub/Theses/2010/Besse.Jean.Philippe.SMZ1023.pdf> : Thèse de doctorat - Toxicologie de l'environnement / Université de Metz. - 2010. - 309 pages.

Cadiou J-F. IFREMER Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Devenir des contaminants chimiques en Méditerranée // GRAIE / éd. Villeurbanne 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 - - 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Carlsson P.C. Joh A.K. Are pharmaceuticals potent environmental pollutants ? : Part I : Environmental risk assessments of selected active pharmaceutical ingredients [Article] // Science of Total Environment. - 2006. - Vol. 364 (1-3). - pp. 67-87.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

Delgado-Zambrano L. F. et Albasi C. Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialité de traitement [Article] // Techniques de l'Ingénieur. - 2009. - RE n°141.

Edder P. et Rapin F., CIPEL Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Pollution du Léman par les micropolluants : situation actuelle et stratégie de gestion // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 - Villeurbanne, 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Grass E. et Lalande F. Enquête sur le dispositif de recyclage des médicaments "CYCLAMED" [Rapport] / IGAS. - 2005. - p. 141 pages. - consultable : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000106/0000.pdf> . - Rapport n° 2005-001 de janvier 2005.

HSDB Hazardous substance data bank - Ibuprofène [En ligne] // Toxnet. - consulté en août 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~tCUD7r:1> .

NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - consulté en mai 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Nikolaou A. Meric S., Fatta D. Occurrence patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments [Article] // Analytical and Bioanalytical Chemistry. - 2007. - Vol. 387. - pp. 1225-1234.

Rossi L., EPFL, Larsen T. A. et & Lienert J., EAWAG Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Réduction des micropolluants présents dans les eaux usées - Lutte à la source pour la rétention de micropolluants dans les eaux // GRAIE. - 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 - Villeurbanne, 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

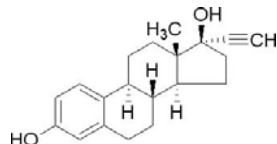
17 α ETHINYLESTRADIOL

DESCRIPTIF**Synonymes et dénominations commerciales**⁶⁹² :

- (8R,9S,13S,14S,17R)-17-éthynyl-13-méthyl-7,8,9,11,12,14,15,16-octahydro-6H-cyclopenta[a]phénanthrène-3,17-diol
- éthynylestradiol - éthynylœstradiol
- 17-éthynylestradiol - 17alpha-éthynylestradiol
- 17-éthynyl-3,17-estradiol - 17 α -éthynyl-17 β -estradiol
- 19-nor-17 α -pregna-1,3,5(10)-trien-20-yne-3,17-diol
- (17 α)-19-norpregna-1,3,5(10)-trien-20-yne-3,17-diol
- 17alpha-éthynylestra-1,3,5(10)-triene-3,17beta-diol
- 17alpha-éthynyl-1,3,5(10)-estratriene-3,17-diol
- 17-éthynylestra-1,3,5(10)-triene-3,17beta-diol
- Estinyl - Feminone - Lynoral
- Œstralyn - Primogyn - Progynon C
- Ginestrene - Amenoron - Dyloform
- Estorals - Ethinoral - EE2

Formule semi-développée : C₂₀H₂₄O₂

N° CAS : 17 α -éthynylœstradiol : 77538-56-8
éthynylestradiol : 57-63-6

Formule développée**Famille** :

Hormones de synthèse
Œstrogène
Composés stéroïdiens
Composés polycycliques

Propriétés physico-chimiques

- Masse molaire** : 296,4 g.mol⁻¹ (Gabet-Giraud, 2009), (IARC, 1999)
- Solubilité dans l'eau** : 4,83 mg/l dans de l'eau bi-distillée (HSDB, 2012)
4,8 mg/L (Gabet-Giraud, 2009)
11,3 mg/l à 27°C (HSDB, 2012)
pratiquement insoluble dans l'eau (IARC, 1999)
- Pression de vapeur** : 2,60*10⁻⁴ mPa à 20°C
- Temps de ½ vie dans le sol** : - -
- Temps de ½ vie dans l'eau** : - -
- Constante de Henry** : 8,04*10⁻⁴ mPa.m³/mol (HSDB, 2012)
- Log Kow** : 3,67 (HSDB, 2012)
3,7 - 4,1 (Gabet-Giraud, 2009)
- Koc** : 510 (calculé) (HSDB, 2012)

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

- La substance libère des fumées acres et irritantes lorsqu'elle est chauffée (HSDB, 2012)

Métabolites connus dans les stations d'épuration

- -:

Toxicité et écotoxicité

- NQE** : pas de NQE dans la directive 2008/105/CE **LQ** : 0,4 à 10 ng/l selon les auteurs
- PNEC** : 0,35 ng/L (Cadwell, et al., 2008)

Occurrence du 17 α -éthynylestradiol dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le 17 α -éthynylestradiol ne fait pas partie des substances recherchées lors des campagnes RSDE.

Substance d'intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets

En l'absence de données RSDE, il n'est pas possible de se positionner sur l'intérêt du 17 α -éthynylestradiol dans les rejets des industries du secteur des déchets.

Traitabilité⁶⁹³

- Traitement biologique
- Traitement par lagunage
- Electrolyse : Séparation d'ions (Finition)
- Traitement par l'ozone

⁶⁹² La liste des dénominations commerciales des préparations dans lesquelles entre le 17-alpha éthinylestradiol n'est pas exhaustive (278 dénominations recensées (NCBI))

⁶⁹³ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÉGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC**⁶⁹⁴ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁶⁹⁵
 - Le 17 α -éthynylestradiol n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁶⁹⁶:
 - Le 17 α -éthynylestradiol n'est pas concerné
- **Règlement n°1272/2008/CE (ECHA)**
 - Le 17 α -éthynylestradiol ne fait pas partie de la liste des substances dangereuses
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Le 17 α -éthynylestradiol n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001**⁶⁹⁷
 - Le 17 α -éthynylestradiol n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation**⁶⁹⁸
 - Le 17 α -éthynylestradiol n'est pas concerné

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

L'éthynylestradiol est excrété par les urines et les selles des organismes traités. Chez les populations humaines, il se retrouvera dans les eaux usées et dans les boues de stations d'épuration ; pour le bétail, il se retrouvera dans le fumier. (AcadPharm, 2008)

⁶⁹⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁶⁹⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁶⁹⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁶⁹⁷ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁶⁹⁸ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

L'éthynylestradiol peut être synthétisé à partir de l'œstrone. (HSDB, 2012) (NCBI)

L'éthynylestradiol peut être synthétisé à partir de l'œstrone par une réaction de Nef dans laquelle l'œstrone réagit avec de l'acétylide de sodium dans de l'ammoniaque liquide, ou encore avec une réaction de Grignard entre l'œstrone et du bromure d'éthynylmagnésium. (HSDB, 2012)

De par ses propriétés oestrogéniques comparables à celles de l'œstradiol, l'éthynylestradiol entre dans la composition de nombreuses combinaisons contraceptives. (HSDB, 2012) (NCBI)

Utilisation générale

- Produit pharmaceutique - œstrogène de synthèse
- Utilisé en combinaison avec des progestagènes pour la contraception orale (HSDB, 2012) L'éthynylestradiol est l'estrogène de synthèse le plus largement employé (pilule contraceptive) et la contamination du milieu aquatique se fait principalement par l'excrétion humaine via les rejets de STEP. (Besse, 2010)
- Utilisé dans le traitement des troubles de la ménopause, en particulier les risques d'ostéoporose (HSDB, 2012)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

Utilisation dans les autres secteurs industriels**Autres secteurs industriels**

- L'éthynylestradiol est utilisé en médecine vétérinaire et particulièrement dans les élevages de bétail (HSDB, 2012)

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Présence dans les effluents des industries du secteur des déchets**

Le 17 α -éthynylestradiol ne fait pas partie des substances recherchées lors des campagnes RSDE. Cette absence de données RSDE ne permet pas de se positionner sur son intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets.

Cas des rejets des décharges

Dans le cas de la mise en décharge, les médicaments sont susceptibles d'être transmis aux eaux souterraines par les effluents du centre de stockage. Si cette première barrière est franchie, des études concordantes ont mis en évidence la résistance préoccupante des résidus de médicament concernés au traitement en station d'épuration. La substance active du médicament est ainsi capable de gagner l'eau potable. (Grass, et al., 2005)

Cas des rejets des stations d'épuration urbaines :

- $C_{\text{eaux usées brutes}}$ = 4,2 ng/L (Labadie, et al., 2005)
- $C_{\text{eaux usées effluents}}$ = 0,9 ng/L (Labadie, et al., 2005)
- $C_{\text{MES eaux brutes}}$ < 0,8 ng/L (Herry-Leroy, et al., 2006)
- $C_{\text{MES effluent}}$ < 0,4 ng/L (Herry-Leroy, et al., 2006)

Le projet AMPERES a montré que, malgré les avancées techniques dans les méthodes d'analyses, l'éthynylestradiol n'a jamais été détecté dans les eaux résiduaires urbaines. (Choubert, et al., 2011)

Présence dans les effluents des autres industries**Rejets dans les effluents des industries du secteur de la chimie fine :**

Les entreprises qui synthétisent les molécules médicamenteuses sont susceptibles de rejeter dans l'environnement non seulement ces molécules mais aussi les produits chimiques utilisés en cours de synthèse et les produits des réactions secondaires et ce malgré les progrès importants réalisés au cours des dernières années pour améliorer les rendements des réactions et utiliser moins de réactifs nocifs. Il n'apparaît aucune information qualitative ou quantitative sur les rejets aqueux qui sont, par ailleurs, contrôlés par les autorités, mais sur des paramètres trop globaux pour déceler les traces de médicaments. Le suivi de leurs rejets de médicaments qui représentent des sources ponctuelles n'est pas effectué systématiquement car il n'est pas considéré comme créant des pollutions significatives et, de plus, l'analyse est difficile. (AcadPharm, 2008)

Rejets dans les effluents des industries du secteur de la pharmacie :

Même si l'industrie pharmaceutique respecte aussi les bonnes pratiques de fabrication, les normes ISO 14000 et la législation sur les installations classées, il n'est pas impossible que des rejets de substances pharmaceutiques puissent se produire. De plus ces entreprises disposent des méthodes d'analyse qui sont indispensables aux dossiers d'AMM. (AcadPharm, 2008)

Présence dans l'environnement

Le 17 α -éthynylestradiol est excrété dans les urines sous forme libre ou sous la forme de conjugué glucuronide. La formation de conjugué glucuronide est un mécanisme qui favorise l'élimination de la molécule qui possède également la propriété d'inactiver son potentiel oestrogène, ce qui limite ainsi son impact sur les organismes aquatiques. L'inefficacité des stations d'épuration dans la biodégradation du 17 α -éthynylestradiol est responsable de sa présence dans les eaux naturelles. En effet, les processus conventionnels d'épuration des eaux utilisent une masse bactérienne pour dégrader la matière organique, bactéries possédant, dans la plupart des cas, l'enzyme β -glucuronidase qui permet d'hydrolyser le conjugué glucuronide et ainsi libérer à nouveau le 17 α -éthynylestradiol libre dans les eaux naturelles (Belanger, juin 2010)

La présence des composés oestrogènes à des concentrations aussi faibles que 1 ng/L est susceptible d'entraîner des effets sur les organismes du milieu récepteur (Belanger, juin 2010)

Compartiment atmosphérique

Dans l'air, l'éthynylestradiol est présent à l'état particulaire. Il disparaît du compartiment atmosphérique par redéposition sur le sol (sèche ou humide). Des phénomènes de photolyse par la lumière solaire sont possibles. (HSDB, 2012)

Eau / sédiments

La présence de médicaments dans les eaux, et en particulier d'éthynylestradiol a fait l'objet d'un dossier dans la revue "Actualités pharmaceutiques" (n°463, mai 2007). Les concentrations annoncées sont qualifiées de faibles, de l'ordre de quelques dizaines de ng/l dans les eaux de surface et de quelques centaines de ng/l dans les effluents de STEP. (Besse, 2010)

- $C_{\text{eau de surface}}$ < 1,8 ng/L (Labadie, et al., 2005)

Dans l'eau, l'éthynylestradiol a tendance à s'adsorber sur les matières en suspension et les sédiments. On ne le retrouvera donc pas dans la phase dissoute. (HSDB, 2012)

L'éthynylestradiol n'a pas tendance à être hydrolysé dans le milieu aquatique (HSDB, 2012)

Les premières études sur les produits pharmaceutiques dans l'environnement (2004) portaient sur la présence d'hormones dans les eaux. Les oestrogènes ont été détectés dans les écosystèmes aquatiques par différents auteurs à des concentrations de l'ordre du ng/l. Le plus souvent, ces substances étaient rejetées par le biais des urines. (Grass, et al., 2005)

Des études ont trouvé systématiquement l'estrone dans les échantillons prélevés dans la Seine, la Marne et l'Oise. D'autres ont mis en évidence l'activité oestrogénique de nombreuses eaux, des eaux résiduelles à l'eau de boisson, pouvant varier dans des proportions de un à six. (AcadPharm, 2008)

Sols

Les sols peuvent être contaminés en molécules médicamenteuses par les excréments des animaux d'élevage ; ils peuvent aussi être contaminés par les médicaments ou leurs métabolites encore présents dans les boues des stations d'épuration qui sont épandues sur les champs. (AcadPharm, 2008)

Dans les sols, l'éthynylestradiol est peu biodégradable. (HSDB, 2012)

PRÉSENCE POTENTIELLE DANS LES DÉCHETS**Résumé des origines possibles de l'éthinylestradiol dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :****07 Déchets des procédés de la chimie organique**

- 07 05 Déchets provenant de la FFDU des produits pharmaceutiques
- 07 05 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 05 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 05 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 05 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 05 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 05 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 05 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 05 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 05 13* déchets solides contenant des subst. dangereuses

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
- 15 01 10* emballages contenant ou contaminés par des résidus de subst. dangereuses

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
- 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
- 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

18 Déchets provenant des soins médicaux ou vétérinaires et/ou de la recherche associée (sauf déchets de cuisine et de restauration ne provenant pas directement des soins médicaux)

- 18 01 Déchets des maternités, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies de l'homme
- 18 01 02 déchets anatomiques et organes, dont sacs de sang et réserves de sang (sauf rubrique 18 01 03)
- 18 02 Déchets de la recherche, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies des animaux
- 18 02 02* déchets dont la collecte et l'élimination font l'objet de prescriptions vis-à-vis des risques d'infection

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
- 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
- 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 03 Autres déchets municipaux
- 20 03 04 boues de fosses septiques
 - 20 03 06 déchets provenant du nettoyage des égouts

Notes sur les médicaments dans les déchets des ménages :

- En France, le système CYCLAMED s'inscrit la perspective de réduction à la source des pollutions. En rapportant ses médicaments non utilisés (MNU) au pharmacien d'officine, le patient a la garantie de leur élimination respectueuse de l'environnement, par incinération avec récupération d'énergie. Ceci évite de les voir jetés à la poubelle et rejoindre encore trop souvent une décharge ou encore jetés dans les toilettes, avec la pollution des eaux qui en résulte. Les conclusions de l'enquête de l'IGAS sur les perturbations du fonctionnement de CYCLAMED vont dans le sens d'une meilleure récupération et d'un traitement par incinération des médicaments récoltés. (AcadPharm, 2008)
- Il faut signaler les conséquences environnementales de l'utilisation des patchs trans-dermiques qui contiennent 750 μ g de 17 α -éthynylestradiol contrairement aux "pilules" contraceptives qui en contiennent de 20 à 40 μ g. Les patchs permettent de maintenir un taux constant d'hormone sur une période de sept jours, mais après une semaine d'utilisation, le patch est jeté alors qu'il contient encore des quantités non négligeables de principe actif. (HSDB, 2012)

PRÉLÈVEMENT, CONDITIONNEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**DOSAGE DE L'OESTRADIOL ET DE L'ETHYNOESTRADIOL DANS LES EAUX USEES BRUTES ET TRAITÉES** (Castillo, L., et al., 2008)**Dosage**

- Séparation des composés par chromatographie liquide ou gaz.
- Détection des composés en spectrométrie de masse.

Limite de détection :

- La limite de quantification est de 0,2 ng/l dans les effluents, et de 0,4 ng/l dans les eaux brutes pour l'oestradiol.
- La limite de quantification est de 0,4 ng/l dans les effluents, et de 0,8 ng/l dans les eaux brutes pour l'éthinylœstradiol.

DOSAGE DE COMPOSES A EFFETS OESTROGENIQUES DANS LES EAUX DE SURFACE (SETAC - Lee J & al., 2006)

Contexte : Une méthode de quantification rapide et simple a été mise au point pour plusieurs composés à effets oestrogéniques, dont, entre autres, les nonylphénols, le 4-octylphénol, le 17 β -œstradiol, le 17 α -éthynilœstradiol, dans des eaux de rivière.

Principe : Dosage des composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières par micro-extraction en phase liquide (LPME) sur membrane de fibres creuses (HF), après dérivation et chromatographie gazeuse-spectrométrie de masse.

Extraction / préparation

Une prise d'essai de 10 ml est extraite avec 5 μ l d'un mélange toluène-dichlorométhane (50/50). La concentration de l'échantillon est optimisée en allongeant le temps d'extraction (30 min), en ajustant le pH des échantillons à 2, en centrifugeant l'échantillon (700 rpm), en ajoutant du NaCl à 30% au mélange toluène-dichlorométhane,

Dosage

Méthode de dosage

A partir des 5 μ l d'extrait en phase toluène-dichlorométhane obtenus, 3 μ l sont injectés dans le GC, suivis de 2 μ l de Nméthyl-N-(triméthylsilyl)trifluoroacétamide (MSTFA) pour dérivation.

Les substances sont quantifiées en 32 minutes, en spectrométrie de masse en mode sélection d'ions (SIM), avec une durée d'injection de 2 minutes.

Le coefficient de corrélation obtenu pour les composés ciblés est de 0,980 à 0,995 à des concentrations de 5 μ g/l à 500 μ g/l.

Pour des échantillons d'eau avec ajouts dosés de 50 μ g/l, le coefficient de variation (n=6) de l'étape HF-LPME est de 1,40% à 16,55%.

Limite de détection :

La limite de détection pour chacun des analytes recherchés va de 0,5 à 5,0 ng/l.

La limite de quantification va de 2,5 à 10,0 ng/l.

Les résultats montrent que la microfiltration HF-LPME est une méthode de préparation des échantillons d'eau suffisamment simple et performante pour permettre la détection de composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières.

Dosage dans les Eaux douces par biocapteurs à récepteurs oestrogéniques

(Lagarde, et al., 2010)

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui entraînent des dérèglements hormonaux et des anomalies du système endocrinien, voire du système nerveux. Certains agissent sur la synthèse des hormones endogènes ou de leurs récepteurs. D'autres possèdent une structure voisine des œstrogènes et se lient à leurs récepteurs, conduisant à l'inactivation ou à un fonctionnement anormal de ces derniers.

Un grand nombre de molécules possèdent de tels effets, comme les hormones de synthèse ou des substances chimiques comme les phtalates, les surfactants, les PCB, les alkylphénols, les parabènes, les HAP, les dioxines et certains pesticides. À ce jour, 320 substances prioritaires susceptibles de perturber le système endocrinien ont été répertoriées par l'Union européenne. Certaines d'entre elles (nonylphénol, di-2-éthylhexylphtalate et les éthers diphenyl-polybromés) ont été incluses dans la liste des substances prioritaires de la Directive-cadre sur l'eau. Une revue récente a été consacrée à l'utilisation des biocapteurs pour le suivi environnemental des perturbateurs endocriniens.

Les biocapteurs de toxicité exploitent les capacités de fixation de ces substances sur des récepteurs œstrogéniques immobilisés à la surface d'un transducteur. Le récepteur œstrogénique d'origine humaine est le plus souvent utilisé. Différents modes de transduction comme la fluorescence, la voltamétrie cyclique, la SPR, la mobilité électrophorétique, ont été proposés. Des systèmes portables, essentiellement basés sur une détection par SPR ont par ailleurs été développés. Récemment, un biocapteur comportant des nanotubes de carbones fonctionnalisés avec le récepteur œstrogénique humain de type α et utilisant un transistor à effet de champ comme transducteur a été proposé. Le temps de réponse est extrêmement rapide (2 min).

Dosage dans les Eaux douces par biocapteurs enzymatiques (Lagarde, et al., 2010)

Les enzymes sont des protéines ayant une fonction catalytique vis-à-vis des réactions cruciales pour la vie de la cellule. Leur site actif a une fonction de reconnaissance spécifique de la molécule qui subit la réaction, que l'on nomme substrat de l'enzyme.

Les enzymes sont classées en familles, correspondant au type de réaction catalysée. Les oxydases, les réductases et les hydrolases sont les enzymes les plus utilisées dans les biocapteurs. L'enzyme est immobilisée sur un transducteur qui permet la détection soit de la consommation d'un co-facteur entrant dans la réaction enzymatique (exemple : l'oxygène dans le cas des oxydases) ou de l'apparition d'un produit de la réaction enzymatique. De manière générale, on associe une hydrolase à un transducteur potentiométrique ou conductimétrique ou une fibre optique permettant de détecter le changement local de pH ou de conductivité. Les enzymes réductases ou oxydases sont associées à un transducteur ampérométrique ou conductimétrique, permettant d'enregistrer les transferts électroniques. Ces transferts électroniques vers l'électrode sont favorisés par l'utilisation de médiateurs redox qui permettent d'abaisser le potentiel imposé et qui limitent les interférences avec d'autres espèces électroactives.

L'œstradiol peut être quantifié en présence de l'enzyme tyrosinase par un transducteur ampérométrique

Eaux douces de surface et eaux usées (AQUAREF, 2009) (Gabet-Giraud, 2009)

Préparation

- Filtration avec un filtre en fibre de verre (GF/F, 0,7 μ m)
- Conservation à 4°C
- Etape de déconjugaison consistant à accéder à la concentration totale d'estrogènes

Extraction

- Extraction sur phase solide (cartouche Oasis® HLB 200 mg)
- Evaporation à sec

Dosage

Méthode de dosage

- Dosage en LC-MS/MS

Interférences : - -

Limite de détection : - -

Limite de quantification :

- LQ_{eau} = 1,2 ng/l
- LQ_{effluent} = 1,2 ng/l
- LQ_{eaux brutes} = 3 ng/l

Boues de STEP et matières en suspension (Gabet-Giraud, 2009)**Prélèvement / conditionnement / conservation**

- Les boues de stations d'épurations sont lyophilisées, broyées et homogénéisées
- Les matières en suspension (MES) sont congelées à -20°C puis broyées

Extraction / préparation

- Extraction en phase liquide (ASE) avec un mélange eau/méthanol 80/20 v/v
- Purification sur cartouche Oasis[®] HLB 500 mg
- Evaporation à sec
- Purification sur cartouche
- Evaporation à sec

Dosage**Méthode de dosage**

- Dosage en LC-MS/MS

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement par les STEP**

Même si les stations d'épuration d'eaux usées domestiques ont été dimensionnées pour réduire principalement la DCO, la DBO₅, ou les MES contenues dans les eaux brutes, elles présentent également une grande efficacité d'élimination, dans la plupart de cas supérieure à 90 %, à exception de l'éthynylœstradiol, quel que soit le procédé de traitement. (Castillo, L., et al., 2008)

Les concentrations en estrogènes sont plus élevées dans les effluents domestiques que dans les effluents industriels. Les stéroïdes sont facilement adsorbés sur les sédiments et peuvent, comme de nombreux composés non polaires, **s'accumuler dans les boues des stations d'épuration**. (AcadPharm, 2008) (Besse, 2010)

Des composés comme le 17 β -estradiol, le 17 α -estradiol, l'estrone, le **17 α -éthynylestradiol** sont présents dans les effluents des STEP. Plus de 80 % sont éliminés dans les boues activées mais il se produit aussi des transformations d'estrogènes dans les STEP qui permettent de déconjuguer et d'oxyder des métabolites pour revenir aux molécules libres qui sont présentes dans les effluents. Par exemple, Cargouët et al. (2004) ou Branchereau et al. (2006) ont trouvé systématiquement l'estrone dans les échantillons prélevés dans la Seine, la Marne et l'Oise. (AcadPharm, 2008)

Les facteurs défavorables dans le traitement des résidus médicamenteux, en dehors des problèmes d'efficacité des STEP vis-à-vis des résidus de médicaments, certains phénomènes néfastes peuvent aussi se produire dans les stations d'épuration (AcadPharm, 2008) :

- la déconjugaison des molécules éliminées sous forme glucurono- ou sulfo-conjuguée
- la conversion partielle en estrone du 17- β -estradiol
- la réduction de médicaments acides,
- l'absence d'absorption par les boues des substances les plus hydrophiles que l'on retrouve donc plus facilement à la sortie des stations (cas de la carbamazépine),
- la concentration des substances lipophiles par adsorption dans les boues qui peut poser un problème sanitaire si ces boues sont épandues à des fins agricoles,
- la photodégradation dans les procédés de lagunage,
- d'autres facteurs ne sont pas liés au procédé de traitement de l'eau comme c'est le cas du régime des pluies : Ternes (1998) a observé qu'au cours d'une période de temps très pluvieux, l'augmentation du flux d'eau à traiter a fait chuter considérablement l'efficacité du traitement qui est passé de 60% en moyenne en période normale à moins de 5%.

Traitement biologique

Un traitement biologique et un traitement secondaire favorisent l'adsorption dans les boues et peuvent ainsi réduire de 70% à 95% les estrogènes de l'effluent. (Belanger, juin 2010)
L'éthynylestradiol est peu biodégradable, même avec un inoculum de boues activées. (HSDB, 2012)
L'éthynylestradiol synthétique est plus résistant à la biodégradation bactérienne que l'œstradiol naturel (Besse, 2010)

Traitement physicochimique (Belanger, juin 2010)

Le traitement de la station d'épuration de la Ville de Montréal est physico-chimique. L'efficacité de ce type de traitement dans l'enlèvement du potentiel oestrogénique de l'effluent se situe entre 7% et 10%.

Traitement UV de type désinfection (Belanger, juin 2010)

Les lampes avec des rayons ultraviolets monochromatiques à basse pression émettent un rayonnement de 253,7 nm. Le spectre d'absorption des rayons ultraviolets de plusieurs perturbateurs endocriniens est cependant minimal à ce rayonnement.

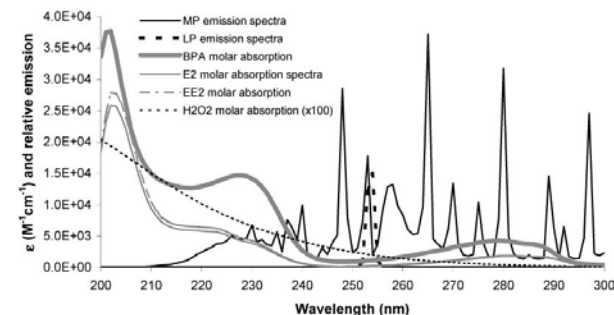
Les lampes avec des rayons ultraviolets polychromatiques, à moyenne pression, émettent des longueurs d'onde dans la gamme des 200 à 300 nm. Le spectre d'absorption aux rayons ultraviolets des perturbateurs endocriniens atteint des pointes entre 220 et 230 nm et, à moindre degré, entre 270 et 290 nm. Une lampe avec des rayons ultraviolets doit donc avoir ces pointes pour optimiser les chances de dégrader des perturbateurs endocriniens.

L'efficacité de la désinfection aux rayons ultraviolets à l'aide d'une lampe à moyenne pression, dont l'intensité se situe à 1000 mJ/cm², permet de réduire de 17,7% le 17 β -œstradiol et de 21,6% le 17 α -éthynylestradiol.

La dégradation de 95% des concentrations en 17 α -éthynylœstradiol nécessite une intensité de 5 000 mJ/cm². Le maintien d'une intensité équivalente à 1 000 mJ/cm² ou plus ne représente pas une option économiquement viable. Il est beaucoup plus pertinent dans le contexte du traitement des eaux usées de diffuser dans les 25-30 mJ/cm².

Spectre d'absorption des rayons ultraviolets par le bisphénol A (BPA), l'estradiol (E2) et l'éthynyl estradiol (EE2) en comparaison avec l'émission des lampes à basse pression (LP) et à moyenne pression (MP).

Tiré de Rosenfeldt and Linden, 2004. (Belanger, juin 2010)

**Traitement par ozonation** (Belanger, juin 2010)

L'ozone forme des sous-produits en réaction avec les phénols. Les composés oestrogéniques possèdent un anneau phénolique avec lequel l'ozone peut réagir pour former des sous-produits. Ces derniers formés ont un potentiel oestrogénique plus faible que les substances mères. L'ozone permet ainsi de réduire le caractère oestrogénique de l'effluent.

Traitement par le ferrate (Belanger, juin 2010)

Le ferrate (FeO₄²⁻) se démarque des autres oxydants par sa double fonction. Il permet l'oxydation d'une gamme variée de composés présents dans les eaux usées et sa décomposition en Fe³⁺ lui octroie des propriétés coagulantes. Son utilisation peut donc s'avérer avantageuse pour une installation en simplifiant les opérations et en réduisant de manière notoire la production de sous-produits. Le ferrate présente le plus grand pouvoir oxydant.

Le ferrate dégrade certains contaminants organiques présents dans les eaux usées ainsi que des produits pharmaceutiques et des perturbateurs endocriniens. En particulier, il dégrade efficacement les hormones œstrone, 17 β -œstradiol, et œstriol à pH 8, alors que l'oxydation du 17 α -éthynylestradiol a lieu surtout à pH 7. Cette observation s'explique par les différentes formes de ferrate favorisées en fonction du pH.

Autres traitements oxydants (Belanger, juin 2010)

Les procédés avancés d'oxydation proposent de manière générale une combinaison qui favorise la formation de radicaux hydroxyles dont le potentiel redox atteint 2,80. L'objectif est de réussir à oxyder les molécules les plus difficilement dégradables présentes dans l'effluent. Le processus complet d'oxydations avancées devrait ultimement produire du CO₂ et des ions inorganiques.

La photocatalyse hétérogène est également largement utilisée dans la dégradation des perturbateurs endocriniens. Cette technique implique l'irradiation d'un élément semi-conducteur comme le dioxyde de titane (TiO₂) par des rayons ultraviolets.

L'application des procédés avancés d'oxydation pour le traitement des eaux usées demeure encore limitée. Elle s'avère une solution intéressante pour l'oxydation de composés faiblement oxydés par l'ozone, notamment pour certains perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques. Les résultats de plusieurs études montrent que ces traitements sont en particulier efficaces dans la dégradation des estrogènes. Leur utilisation est essentiellement axée sur la dégradation des micropolluants résistants aux techniques conventionnelles.

Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique
(Techniques de l'Ingénieur n°119 - septembre 2010)**Biocapteurs à enzyme Application au suivi environnemental**

Les enzymes sont des protéines ayant une fonction catalytique vis-à-vis des réactions cruciales pour la vie de la cellule. Leur site actif a une fonction de reconnaissance spécifique de la molécule qui subit la réaction, que l'on nomme substrat de l'enzyme.

Les enzymes sont classées en familles, correspondant au type de réaction catalysée. Les oxydases, les réductases et les hydrolases sont les enzymes les plus utilisées dans les biocapteurs.

L'enzyme est immobilisée sur un transducteur qui permet la détection soit de la consommation d'un co-facteur entrant dans la réaction enzymatique (exemple : l'oxygène dans le cas des oxydases) ou de l'apparition d'un produit de la réaction enzymatique. De manière générale, on associe une hydrolase à un transducteur potentiométrique ou conductimétrique ou une fibre optique permettant de détecter le changement local de pH ou de conductivité. Les enzymes réductases ou oxydases sont associées à un transducteur ampérométrique ou conductimétrique, permettant d'enregistrer les transferts électroniques. Ces transferts électroniques vers l'électrode sont favorisés par l'utilisation de médiateurs redox qui permettent d'abaisser le potentiel imposé et qui limitent les interférences avec d'autres espèces électroactives.

Les principaux polluants détectés par des biocapteurs enzymatiques sont listés dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 – Exemples de biocapteurs enzymatiques pour la détection de polluants chimiques				
Polluant	Type d'enzyme	Transducteur	Limite de détection	Réf.
Polluants trophiques				
Nitrates	Nitrate réductase	Ampérométrique	3 μ M	[17]
		Conductimétrique	5 μ M	[18]
Nitrites	Nitrite réductase	Ampérométrique	4 nM	[19]
		Conductimétrique	50 nM	[20]
Phosphates	Maltose phosphorylase + Mutarotase + Glucose oxydase	Ampérométrique	1 μ M	[21]
		Conductimétrique	1 μ M	[22]
Matière organique (fraction protéique)	Protéinase K + Pronase	Conductimétrique	0,583 μ g/L forTOC	[23]
Micropolluants				
Bisphénol A	Tyrosinase	Ampérométrique (électrode BDD)	1 μ M	[24]
		(nanotubes de carbone)	0,02 μ M	[25]
17 β -estadiol	Tyrosinase	Ampérométrique	10 μ M	[24]
Catéchol	Tyrosinase	Ampérométrique	0,09 μ M	[26]
Pesticides organophosphorés	Organophosphorus hydrolase	Potentiométrique	1 μ M	[27]
		Ampérométrique	0,1 μ M	[28]
		Fibre optique	1 μ M	[29]

RÉFÉRENCES

AcadPharm Rapport - Médicaments et Environnement [Rapport] : Ouvrage collectif / Académie Nationale de Pharmacie. - Paris : [s.n.], 2008. - p. 105 pages. - Document en ligne sur le site www.acadpharm.org.

AQUAREF Hormones estrogéniques - Méthodes d'analyse dans l'eau - phase dissoute [En ligne] // AQUAREF. - 2009. - http://www.aquaref.fr/system/files/Fiche_MA12_-_Hormones_-_Eau__phase_dissoute_12-10-09.pdf.

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coilée sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Besse J-P. Impact environnemental des médicaments à usage humain sur le milieu récepteur : évaluation de l'exposition et des effets biologiques pour les écosystèmes d'eau douce [Rapport] = En ligne : <ftp://ftp.scd.univ-metz.fr/pub/Theses/2010/Besse.Jean.Philippe.SMZ1023.pdf> : Thèse de doctorat - Toxicologie de l'environnement / Université de Metz. - 2010. - 309 pages.

Cadwell D.J. [et al.] Derivation of an aquatic predicted no-effect concentration for the synthetic hormone, 17 alpha-ethinyl estradiol [Article] // Environmental Science & Technology. - 2008. - 19 : Vol. 42. - pp. 7046-7054.

Castillo, L. et Trouvé, E. - Véolia Assainissement et Micropolluants : Sources - Impacts - Maîtrise [En ligne] = Solutions techniques de traitement et perspectives pour les substances à risque dans les eaux usées // GRAIE / éd. Villeurbanne 2ème conférence Eau et Santé - 9 octobre 2008 -. - 2008. - <http://www.graie.org>. - Actes téléchargeables en ligne - 202 pages.

Choubert J-M., CEMAGREF et Martin S., Suez Environnement L'épuration des eaux : recherche et ingénierie au service des collectivités - Des avancées visant à limiter les impacts sur le milieu et à préserver nos ressources [En ligne] = Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques // CEMAGREF. - Colloque CEMAGREF - Grand-Lyon - 8 & 9 novembre 2011, 2011. - Actes téléchargeables en ligne.

De Champlain M. Effets des hormones stéroïdes sexuelles non traitées dans les effluents municipaux [En ligne] // Université Sherbrooke Canada - Essais et mémoires. - mai 2011. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/de_Champlain_M__01-06-2011_.pdf. - 92 pages- Rapport présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement.

Gabet-Giraud V. Distribution d'estrogènes et de bêtabloquants dans les stations d'épuration des eaux résiduaires et dans les eaux de surface [Rapport] : Thèse de Doctorat / Université Claude Bernard Lyon 1. - 2009. - p. 284 pages.

Grass E. et Lalande F. Enquête sur le dispositif de recyclage des médicaments "CYCLAMED" [Rapport] / IGAS. - 2005. - p. 141 pages. - consultable : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000106/0000.pdf>. - Rapport n° 2005-001 de janvier 2005.

Herry-Leroy G., Raulet C. et Beausse J. Etude de nouveaux polluants émergents dans le milieu environnemental : les perturbateurs endocriniens - Analyse des hormones stéroïdiennes dans les stations d'épuration par LC-MS/MS [Article] // European Journal of Water Quality. - 2006. - 1 : Vol. 37. - pp. 39-52.

HSDB Hazardous Substances Data Bank - éthynylestradiol [En ligne] // Toxnet. - 2012. - version du 14 février 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~QBfv9j:2>.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] // Hormonal Contraception and Post-menopausal Hormonal Therapy. - 1999. - Vol. monographie 72. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol72/mono72-11.pdf>.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] // Some Industrial Chemicals. - 2000. - Vol. monographie 77. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/mono77-10.pdf>.

Labadie P. et Budzinski H. Development of an analytical procedure for determination of selected estrogens and progestagens in water samples. [Article] // Analytical and Bioanalytical Chemistry. - 2005. - 6 : Vol. 381. - pp. 1199-1205.

Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N. Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.

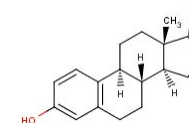
NCBI PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

SETAC - Lee J & al. Determination of endocrine disrupting compounds in river water by using hollow fiber membrane liquid phase microextraction with injection port-derivatization gas chromatography-mass spectrometry [Conférence] = P48 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.

Vuillet E. [et al.] Multi-residue analysis of steroids at sub-ng/L levels in surface and ground-waters using liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry [Article] // Journal of Chromatography. - 2008. - 1 : Vol. 1210. - pp. 84-91.

17β OESTRADIOL**DESCRIPTIF****Synonymes et dénominations commerciales**⁶⁹⁹

- (8R,9S,13S,14S,17S)-13-méthyl-6,7,8,9,11,12,14,15,16,17-deca-hydrocyclo-penta[a]phenanthrene-3,17-diol
- (17β)-estra-1,3,5(10)-triène-3,17-diol
- estra-1,3,5(10)-triène-3,17β-diol
- 3,17β-dihydroxyestra-1,3,5(10)-triène
- 3,17-epidihydroxyestratriène
- dihydrofollicular hormone
- dihydrofolliculin
- dihydromenformon
- dihydrotheelin
- dihydroxyestrin
- β-œstradiol
- 17β-œstradiol
- 3,17β-œstradiol
- 17β-œstradiol
- (d)-3,17β-œstradiol
- Ginestrene
- Progynon C
- Amenoron
- Dyliform
- Estorals
- Ethinoral
- Estrace
- Diogynets

Formule développée

Famille :

Hormone de synthèse

œstrogène

Comp. aromatiques polycycliques

Composés stéroïdiens en C18

Formule semi-développée : C₁₈H₂₄O₂

N° CAS : 50-28-2

Propriétés physico-chimiques

Masse molaire : 272,4 g.mol⁻¹ (Gabet-Giraud, 2009), (IARC, 1999)

Solubilité dans l'eau : 3,60 mg/l à 27°C (NCBI)
3,9 - 13,3 mg/L (Gabet-Giraud, 2009)
pratiquement insoluble dans l'eau (IARC, 1999)

Pression de vapeur : - -

Point éclair : - -

Temps de ½ vie dans le sol : - -

Temps de ½ vie dans l'eau : - -

Constante de Henry : - - Pa.m³.mol⁻¹

Log Kow : 3,1 - 4,0 (Gabet-Giraud, 2009) 4,01 (NCBI)

Koc : - -

Réaction avec d'autres molécules ou conditions

• - -

Métabolites connus

• - -

Toxicité et écotoxicité

NQE : pas de NQE dans la directive 2008/105/CE

PNEC : - -

Occurrence du 17β-œstradiol dans les rejets des industries du secteur des déchets

Le 17β-œstradiol ne fait pas partie des substances recherchées lors des campagnes RSDE.

Traitabilité⁷⁰⁰

- Traitement biologique

- Traitement par lagunage

⁶⁹⁹ La liste des dénominations commerciales des préparations dans lesquelles entre le 17-œstradiol n'est pas exhaustive (278 recensées (NCBI))

⁷⁰⁰ Pour plus de détails, consulter les fiches "Réduction des émissions" de ce rapport

RÈGLEMENTATION

- **DCE : Directive 2008/105/EC)⁷⁰¹ du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes environnementales dans le domaine de l'eau et modifiant en particulier la directive 2000/60/CE⁷⁰²**
 - Le 17β-œstradiol n'est pas concerné
- **Statut REACH : Règlement CE n°1907/2006** du Parlement et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances⁷⁰³.
 - Le 17β-œstradiol n'est pas concerné
- **Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (JO n°62 du 13 mars 2008)**
 - Le 17β-œstradiol n'est pas concerné
- **Décret n° 2004-846 du 13/08/04 portant publication de la convention sur les polluants organiques persistants (ensemble six annexes), faite à Stockholm le 22 mai 2001⁷⁰⁴**
 - Le 17β-œstradiol n'est pas concerné
- **Circulaire du 05/01/09 relative à la mise en œuvre de la deuxième phase de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses pour le milieu aquatique présentes dans les rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation⁷⁰⁵**
 - Le 17β-œstradiol n'est pas concerné
- **Directive 67/548/EEC** du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses
- **Liste des substances très préoccupantes candidates à autorisation (ECHA) :**

Carac. 2	H351	soupçonné de provoquer le cancer
Repr. 1B	H360	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus
Aquatic Acute 1	H362	Peut être nocif pour les enfants allaités

⁷⁰¹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FR:NOT>

⁷⁰² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:FR:PDF>

⁷⁰³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=oj:l:2006:396:0001:0849:fr:pdf>

⁷⁰⁴ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.495/4/2.250.190.28.6.11

⁷⁰⁵ http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.6994/4/2.250.190.28.6.15

NEOFORMATION OU EMISSIONS INVOLONTAIRES

L'œstradiol est excrété par les urines et les selles des organismes traités. Chez les populations humaines, il se retrouvera dans les eaux usées et dans les boues de stations d'épuration ; pour le bétail, il se retrouvera dans le fumier. (AcadPharm, 2008)

PRODUCTION / UTILISATION**Synthèse / Production**

Le 17-bêta œstradiol est un composé aromatique stéroïde en C18 avec un groupement hydroxyle en position 3-beta- et en 17-beta-position (NCBI)

Il peut être synthétisé à partir de l'œstrone par une réaction de Nef dans laquelle l'œstrone réagit avec de l'acétylide de sodium dans de l'ammoniaque liquide, ou encore avec une réaction de Grignard entre l'œstrone et du bromure d'éthynylmagnésium. (HSDB, 2012)

Utilisation générale

Activité hormonale par interaction avec les récepteurs œstrogéniques et induction d'effets comparables à ceux de l'œstradiol. (NCBI)

De par ses propriétés œstrogéniques, l'éthinylestradiol entre dans la composition de nombreuses combinaisons contraceptives. (HSDB, 2012)

- Produit pharmaceutique - œstrogène de synthèse
- Utilisé en combinaison avec des progestagènes pour la contraception orale (HSDB, 2012)
- Utilisé dans le traitement des troubles de la ménopause, en particulier lers risques d'ostéoporose (HSDB, 2012)
- Hormone administrée à titre thérapeutique (traitements hormonaux de substitution pour l'homme et dans certains additifs alimentaires pour animaux) (HSDB)
- En France en 2004, la quantité d'œstradiol utilisé en thérapeutique humaine était de 207 kg (Besse, 2010)

Utilisation dans les procédés des industries du secteur des déchets

- Pas d'utilisation spécifique dans les procédés des industries du déchet

PRÉSENCE DANS LES REJETS ET DANS L'ENVIRONNEMENT**Rejets dans les effluents des industries du secteur des déchets :**

Le 17β-œstradiol ne fait pas partie des substances recherchées lors des campagnes RSDE. Cette absence de données RSDE ne permet pas de se positionner sur son intérêt dans les rejets des industries du secteur des déchets.

Cas des rejets des décharges

Dans le cas de la mise en décharge, les médicaments sont susceptibles d'être transmis aux eaux souterraines par les effluents du centre de stockage. Si cette première barrière est franchie, des études concordantes ont mis en évidence la résistance préoccupante des résidus de médicament concernés au traitement en station d'épuration. La substance active du médicament est ainsi capable de gagner l'eau potable. (Grass, et al., 2005)

Cas des rejets des stations d'épuration des eaux usées domestiques

Le 17-β œstradiol pourra être retrouvé dans les effluents de STEP urbaines (et les boues de STEP) ainsi que dans les effluents d'élevages animaux. (Gabet-Giraud, 2009)

Le projet AMPERES a montré que le 17-β œstradiol était détecté dans plus de 70% des eaux résiduaires urbaines à des concentrations entre 0,01 et 0,1 µg/l. On notera que le 17-α œstradiol est détecté au même niveau de concentrations mais dans 30 à 70% des rejets. (Choubert, et al., 2011)

Autres types de rejets :**Rejets dans les effluents des industries du secteur de la chimie fine :**

Les entreprises qui synthétisent les molécules médicamenteuses sont susceptibles de rejeter dans l'environnement non seulement ces molécules mais aussi les produits chimiques utilisés en cours de synthèse et les produits des réactions secondaires et ce malgré les progrès importants réalisés au cours des dernières années pour améliorer les rendements des réactions et utiliser moins de réactifs nocifs. Il n'apparaît aucune information qualitative ou quantitative sur les rejets aqueux qui sont, par ailleurs, contrôlés par les autorités, mais sur des paramètres trop globaux pour déceler les traces de médicaments. Le suivi de leurs rejets de médicaments qui représentent des sources ponctuelles n'est pas effectué systématiquement car il n'est pas considéré comme créant des pollutions significatives et, de plus, l'analyse est difficile. (AcadPharm, 2008)

Rejets dans les effluents des industries du secteur de la pharmacie :

Même si l'industrie pharmaceutique respecte aussi les bonnes pratiques de fabrication, les normes ISO 14000 et la législation sur les installations classées, il n'est pas impossible que des rejets de substances pharmaceutiques puissent se produire. De plus ces entreprises disposent des méthodes d'analyse qui sont indispensables aux dossiers d'AMM. (AcadPharm, 2008)

Présence dans l'environnement

La présence des composés estrogènes à des concentrations aussi faibles que 1 ng/L est susceptible d'entraîner des effets sur les organismes du milieu récepteur (Belanger, juin 2010)
Des ordres de grandeur de concentrations en œstrogènes dans les rejets de stations d'épurations et dans le milieu sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Concentrations de composés estrogéniques exprimées (en ng/l),
dans les stations d'épuration et les eaux naturelles du Canada. (Belanger, juin 2010)

Ville	Traitement	E1	E2	16α-OH-E1	EE2	année
Toronto	Boue activée & désinfection	16 - 56	<1 - 4,4	<1		2004
Toronto	Boue activée & désinfection	12 - 72	2,7 - 7,4	<1		2004
Toronto	Boue activée & désinfection	18 - 75	<1 - 6,8	<1		2004
Toronto	Boue activée & désinfection	8,7 - 41	<1 - 1,7	<1		2004
Ontario (10 stations)	variable & désinfection	3 - 48	6 - 64		9 - 42	1999
Canada (18 stations)	variable	1 - 96	0,2 - 14,7			2005
Canada	physico-chimique		1 - 12			2007
Canada	étang		57 - 158			2007

E1 : œstrone E2 : 17β-œstradiol EE2 : 17α-éthynylestradiol 16α-OH-E1 : 16α-OH-œstrone (métabolite)

Eau / sédiments

A partir des concentrations retrouvées dans les eaux usées, et en considérant le pouvoir œstrogénique de chacune des molécules à effet endocrinien analysées, il s'avère que le potentiel perturbateur des eaux usées serait apporté principalement par les hormones œstradiol et l'œstrone. (Castillo, L., et al., 2008)

Les premières études sur les produits pharmaceutiques dans l'environnement (2004) portaient sur la présence d'hormones dans les eaux. Les œstrogènes ont été détectés dans les écosystèmes aquatiques par différents auteurs à des concentrations de l'ordre du ng/l. Le plus souvent, ces substances étaient rejetées par le biais des urines. (Grass, et al., 2005)

Sols

Les sols peuvent être contaminés en molécules médicamenteuses par les excréments des animaux d'élevage ; ils peuvent aussi être contaminés par les médicaments ou leurs métabolites encore présents dans les boues des stations d'épuration qui sont épandues sur les champs. (AcadPharm, 2008)

PRÉSENCE POTENTIELLE DANS LES DÉCHETS

Résumé des origines possibles de l'ethinylestradiol dans les grandes familles de déchets (liste non exhaustive) :

Présence possible de la substance dans les déchets suivants :**07 Déchets des procédés de la chimie organique**

- 07 05 Déchets provenant de la FFDU des produits pharmaceutiques
 - 07 05 01* eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses
 - 07 05 03* solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
 - 07 05 04* autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
 - 07 05 07* résidus de réaction et résidus de distillation halogénés
 - 07 05 08* autres résidus de réaction et résidus de distillation
 - 07 05 09* gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
 - 07 05 10* autres gâteaux de filtration et absorbants usés
 - 07 05 11* boues du traitement in situ des effluents contenant des subst. dangereuses
 - 07 05 13* déchets solides contenant des subst. dangereuses

15 Emballages et déchets d'emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants et vêtements de protection non spécifiés ailleurs

- 15 01 Emballages et déchets d'emballages (dont les déchets d'emballages municipaux collectés séparément)
 - 15 01 10* emballages contenant des résidus de subst. dangereuses ou contaminés par de tels résidus

16 Déchets non décrits ailleurs dans la liste

- 16 05 Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut
 - 16 05 06* produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des subst. dangereuses, dont les mélanges
 - 16 05 08* produits chimiques d'origine organique à base de ou contenant des subst. dangereuses, mis au rebut
- 16 10 Déchets liquides aqueux destinés à un traitement hors site
 - 16 10 01* déchets liquides aqueux contenant des subst. dangereuses
 - 16 10 03* concentrés aqueux contenant des subst. dangereuses

18 Déchets provenant des soins médicaux ou vétérinaires et/ou de la recherche associée (sauf déchets de cuisine et de restauration ne provenant pas directement des soins médicaux)

- 18 01 Déchets des maternités, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies de l'homme
 - 18 01 02 déchets anatomiques et organes, dont sacs de sang et réserves de sang (sauf rubrique 18 01 03)
 - 18 02 Déchets de la recherche, du diagnostic, du traitement ou de la prévention des maladies des animaux
 - 18 02 02* déchets dont la collecte et l'élimination font l'objet de prescriptions vis-à-vis des risques d'infection

19 Déchets provenant des installations de gestion de déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel

- 19 07 Lixiviats de décharges
 - 19 07 02* lixiviats de décharges contenant des subst. dangereuses
- 19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs
 - 19 08 05 boues provenant du traitement des eaux usées urbaines

20 Déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés provenant des commerces, industries et administrations)

- 20 03 Autres déchets municipaux
 - 20 03 04 boues de fosses septiques
 - 20 03 06 déchets provenant du nettoyage des égouts

Note sur les médicaments dans les déchets des ménages :

En France, le système CYCLAMED s'inscrit la perspective de réduction à la source des pollutions. En rapportant ses médicaments non utilisés (MNU) au pharmacien d'officine, le patient a la garantie de leur élimination respectueuse de l'environnement, par incinération avec récupération d'énergie. Ceci évite de les voir jetés à la poubelle et rejoindre encore trop souvent une décharge ou encore jetés dans les toilettes, avec la pollution des eaux qui en résulte. Les conclusions de l'enquête de l'IGAS sur les perturbations du fonctionnement de CYCLAMED vont dans le sens d'une meilleure récupération et d'un traitement par incinération des médicaments récoltés. (AcadPharm, 2008)

PRÉLÈVEMENT, CONDITIONNEMENT, CONSERVATION ET ANALYSE**DOSAGE DE L'ŒSTRADIOL ET DE L'ETHYNOESTRADIOL DANS LES EAUX USEES BRUTES ET TRAITÉES** (Castillo, L., et al., 2008)**Dosage**

Séparation des composés par chromatographie liquide ou gaz.

Détection des composés en spectrométrie de masse.

Limite de détection :

La limite de quantification est de 0,2 ng/l dans les effluents, et de 0,4 ng/l dans les eaux brutes pour l'œstradiol.

La limite de quantification est de 0,4 ng/l dans les effluents, et de 0,8 ng/l dans les eaux brutes pour l'éthinylestradiol.

DOSAGE DE COMPOSES A EFFETS OESTROGENIQUES DANS LES EAUX DE SURFACE (SETAC - Lee J & al., 2006)

Contexte : Une méthode de quantification rapide et simple a été mise au point pour plusieurs composés à effets oestrogéniques, dont, entre autres, les nonylphénols, le **4-octylphénol**, le 17β-œstradiol, le 17α-éthynylœstradiol, dans des eaux de rivière. L'article présente la méthode la plus performante.

Principe : Dosage des composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières par micro-extraction en phase liquide (LPME) sur membrane de fibres creuses (HF), après dérivation et chromatographie gazeuse-spectrométrie de masse.

Extraction / préparation

Une prise d'essai de 10 ml est extraite avec 5 µl d'un mélange toluène-dichlorométhane (50/50). La concentration de l'échantillon est optimisée en allongeant le temps d'extraction (30 min), en ajustant le pH des échantillons à 2, en centrifugeant l'échantillon (700 rpm), en ajoutant du NaCl à 30% au mélange toluène-dichlorométhane,

Dosage**Méthode de dosage**

A partir des 5 µl d'extrait en phase toluène-dichlorométhane obtenus, 3 µl sont injectés dans le GC, suivis de 2 µl de Nméthyl-N-(triméthylsilyl)trifluoroacétamide (MSTFA) pour dérivation.

Les substances sont quantifiées en 32 minutes, en spectrométrie de masse en mode sélection d'ions (SIM), avec une durée d'injection de 2 minutes.

Le coefficient de corrélation obtenu pour les composés ciblés est de 0,980 à 0,995 à des concentrations de 5 µg/l à 500 µg/l.

Pour des échantillons d'eau avec ajouts dosés de 50 µg/l, le coefficient de variation (n=6) de l'étape HF-LPME est de 1,40% à 16,55%.

Limite de détection :

La limite de détection pour chacun des analytes recherchés va de 0,5 à 5,0 ng/l.

La limite de quantification va de 2,5 à 10,0 ng/l.

Les résultats montrent que la microfiltration HF-LPME est une méthode de préparation des échantillons d'eau suffisamment simple et performante pour permettre la détection de composés à effets endocriniens dans les eaux de rivières.

Dosage dans les Eaux douces par biocapteurs à récepteurs oestrogéniques

(Lagarde, et al., 2010)

Les perturbateurs endocriniens sont des substances chimiques qui entraînent des dérèglements hormonaux et des anomalies du système endocrinien, voire du système nerveux. Certains agissent sur la synthèse des hormones endogènes ou de leurs récepteurs. D'autres possèdent une structure voisine des œstrogènes et se lient à leurs récepteurs, conduisant à l'inactivation ou à un fonctionnement anormal de ces derniers.

Un grand nombre de molécules possèdent de tels effets, comme les hormones de synthèse ou des substances chimiques comme les phtalates, les surfactants, les PCB, les alkylphénols, les parabènes, les HAP, les dioxines et certains pesticides.

À ce jour, 320 substances prioritaires susceptibles de perturber le système endocrinien ont été répertoriées par l'Union européenne. Certaines d'entre elles (nonylphénol, di-2-éthylhexylphtalate et les éthers diphenyl-polybromés) ont été incluses dans la liste des substances prioritaires de la Directive-cadre sur l'eau. Une revue récente a été consacrée à l'utilisation des biocapteurs pour le suivi environnemental des perturbateurs endocriniens.

Les biocapteurs de toxicité exploitent les capacités de fixation de ces substances sur des récepteurs œstrogéniques immobilisés à la surface d'un transducteur. Le récepteur œstrogénique d'origine humaine est le plus souvent utilisé. Différents modes de transduction comme la fluorescence, la voltamétrie cyclique, la SPR, la mobilité électrophorétique, ont été proposés. Des systèmes portables, essentiellement basés sur une détection par SPR ont par ailleurs été développés. Récemment, un biocapteur comportant des nanotubes de carbones fonctionnalisés avec le récepteur œstrogénique humain de type α et utilisant un transistor à effet de champ comme transducteur a été proposé. Le temps de réponse est extrêmement rapide (2 min).

Dosage dans les Eaux douces naturelles (AQUAREF, 2009)**Prélèvements et conditionnement**

- Protocole : échantillonnage grâce à un matériel en téflon et/ou en verre
- Nature du contenant : verre ambré
- Lavage du contenant : lavage en machine puis rinçage à l'acétone

Conservation

- Eau brute : 24h à 4°C

Extraction / préparation**Filtration :**

- Filtres Whatman fibre de verre de diamètre 45 mm, porosité 0,7 µm (préalablement calciné à 450°C pendant 1 heure)
- Support Sartorius avec fritté en verre

Déconjugaison dans le cas du dosage des fractions libres et conjuguées

- Le pH des échantillons est amené à 5,2 en ajoutant de l'acide acétique glacial (99%). La bêta-glucuronidase (l'enzyme de déconjugaison) est ajoutée à la prise d'essai de l'échantillon à la proportion 1/1000 v/v. Le tout est mis à incuber pendant une nuit (15 heures) à 52 ± 2°C

Extraction liquide-liquide : SPE sur autotrace Zymark sur cartouche Oasis HLB 6 ml :

- Conditionnement de la colonne par 6 ml de méthanol et 6 ml d'eau MilliQ,
- Percolation de l'échantillon (250 ml)
- Rinçage de la colonne par 6 ml d'eau MilliQ
- Séchage sous azote pendant 30 min
- Elution par 4 ml d'acétate d'éthyle/méthanol 70/30 v/v
- L'éluat se conserve 3 jours à température ambiante
- Evaporation sous azote et reprise dans 1 ml d'un mélange heptane/dichlorométhane (50/50 v/v)

Purification : SPE en manuel sur manifold sur Florisil 6ml, 1g

- Conditionnement de la phase par 2 ml d'heptane/dichlorométhane 50/50 v/v
- Percolation de l'échantillon (1 ml dans heptane/dichlorométhane 50/50 v/v)
- Rinçage par 2 ml d'heptane/dichlorométhane 50/50 v/v
- Séchage sous vide
- Elution par 5,5 ml d'acétone/heptane 75/25 v/v
- L'éluat se conserve une nuit (15 heures) à 4°C
- Evaporation sous azote et reprise dans 200 µl d'une solution étalon interne (E2-acétate) à 40 µg/L préparée dans eau/acétonitrile 60/40 v/v. La solution se conserve 10 mois à -20°C

Méthode de dosage

Chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem

- LQ_{eau} = 1,2 ng/L
- LQ_{effluent} = 1,2 ng/L
- LQ_{influent} = 3 ng/L

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT**Traitement dans les stations d'épuration**

Les concentrations en estrogènes sont plus élevées dans les effluents domestiques que dans les effluents industriels. Les stéroïdes sont facilement adsorbés sur les sédiments et peuvent, comme de nombreux composés non polaires, **s'accumuler dans les boues des stations d'épuration**. (AcadPharm, 2008)

Des composés comme le **17β-œstradiol**, le 17α-œstradiol, l'œstrone, le 17α-éthynyleœstradiol sont présents dans les effluents des STEP. Plus de 80 % sont éliminés dans les boues activées mais il se produit aussi des transformations d'estrogènes dans les STEP qui permettent de déconjuguer et d'oxyder des métabolites pour revenir aux molécules libres qui sont présentes dans les effluents. Par exemple, Cargouët et al. (2004) ou Branchereau et al. (2006) ont trouvé systématiquement l'œstrone dans les échantillons prélevés dans la Seine, la Marne et l'Oise. (AcadPharm, 2008)

Les facteurs défavorables dans le traitement des résidus médicamenteux dans les stations d'épuration : (AcadPharm, 2008)

En dehors des problèmes d'efficacité des STEP vis-à-vis des résidus de médicaments, certains phénomènes néfastes peuvent aussi se produire dans les stations d'épuration :

- la déconjugaison des molécules éliminées sous forme glucurono- ou sulfo-conjuguée
- la conversion partielle en œstrone du 17-β-œstradiol
- la réduction de médicaments acides,
- l'absence d'absorption par les boues des substances les plus hydrophiles que l'on retrouve donc plus facilement à la sortie des stations (cas de la carbamazépine),
- la concentration des substances lipophiles par adsorption dans les boues qui peut poser un problème sanitaire si ces boues sont épandues à des fins agricoles,
- la photodégradation dans les procédés de lagunage,
- d'autres facteurs ne sont pas liés au procédé de traitement de l'eau comme c'est le cas du régime des pluies : Ternes (1998) a observé près de Francfort-sur-le-Main qu'au cours d'une période de temps très pluvieux, l'augmentation du flux d'eau à traiter a fait chuter considérablement l'efficacité du traitement qui est passé de 60% en moyenne en période normale à moins de 5%.

Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique Techniques de l'Ingénieur septembre 2010 -**Biocapteurs à enzymes - Application au suivi environnemental**

Les enzymes sont des protéines ayant une fonction catalytique vis-à-vis des réactions cruciales pour la vie de la cellule. Leur site actif a une fonction de reconnaissance spécifique de la molécule qui subit la réaction, que l'on nomme substrat de l'enzyme.

Les enzymes sont classées en familles, correspondant au type de réaction catalysée. Les oxydases, les réductases et les hydrolases sont les enzymes les plus utilisées dans les biocapteurs.

L'enzyme est immobilisée sur un transducteur qui permet la détection soit de la consommation d'un co-facteur entrant dans la réaction enzymatique (exemple : l'oxygène dans le cas des oxydases) ou de l'apparition d'un produit de la réaction enzymatique. De manière générale, on associe une hydrolase à un transducteur potentiométrique ou conductimétrique ou une fibre optique permettant de détecter le changement local de pH ou de conductivité. Les enzymes réductases ou oxydases sont associées à un transducteur ampérométrique ou conductimétrique, permettant d'enregistrer les transferts électroniques. Ces transferts électroniques vers l'électrode sont favorisés par l'utilisation de médiateurs redox qui permettent d'abaisser le potentiel imposé et qui limitent les interférences avec d'autres espèces électroactives.

Les principaux polluants détectés par des biocapteurs enzymatiques sont listés dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 – Exemples de biocapteurs enzymatiques pour la détection de polluants chimiques				
Polluant	Type d'enzyme	Transducteur	Limite de détection	Réf.
Polluants trophiques				
Nitrates	Nitrate réductase	Ampérométrique	3 µM	[17]
		Conductimétrique	5 µM	[18]
Nitrites	Nitrite réductase	Ampérométrique	4 nM	[19]
		Conductimétrique	50 nM	[20]
Phosphates	Maltose phosphorylase + Mutarotase + Glucose oxydase	Ampérométrique	1 µM	[21]
		Conductimétrique	1 µM	[22]
Matière organique (fraction protéique)	Protéinase K + Pronase	Conductimétrique	0,583 µg/L forTOC	[23]
Micropolluants				
Bisphénol A	Tyrosinase	Ampérométrique (électrode BDD)	1 µM	[24]
		(nanotubes de carbone)	0,02 µM	[25]
17β-œstradiol	Tyrosinase	Ampérométrique	10 µM	[24]
Catéchol	Tyrosinase	Ampérométrique	0,09 µM	[26]
Pesticides organophosphorés	Organophosphorus hydrolase	Potentiométrique	1 µM	[27]
		Ampérométrique	0,1 µM	[28]
		Fibre optique	1 µM	[29]

RÉFÉRENCES

- AcadPharm** Rapport - Médicaments et Environnement [Rapport] : Ouvrage collectif / Académie Nationale de Pharmacie. - Paris : [s.n.], 2008. - p. 105 pages. - Document en ligne sur le site www.acadpharm.org.
- AQUAREF** Hormones estrogéniques - Méthodes d'analyse dans l'eau - phase dissoute [En ligne] // AQUAREF. - 2009. - consulté en février 2011. - http://www.aquaref.fr/system/files/Fiche_MA12_-_Hormones_-_Eau__phase_dissoute_12-10-09.pdf.
- Belanger P.** Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coilie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.
- Besse J-P.** Impact environnemental des médicaments à usage humain sur le milieu récepteur : évaluation de l'exposition et des effets biologiques pour les écosystèmes d'eau douce [Rapport] = En ligne : <ftp://ftp.scd.univ-metz.fr/pub/Theses/2010/Besse.Jean.Philippe.SMZ1023.pdf> : Thèse de doctorat - Toxicologie de l'environnement / Université de Metz. - 2010. - 309 pages.
- ECHA** European Chemicals Agency [En ligne] // An Agency of the European Union. - 2011. - http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp#download.
- Gabet-Giraud V.** Distribution d'estrogènes et de bêtabloquants dans les stations d'épuration des eaux résiduaires et dans les eaux de surface [Rapport] : Thèse de Doctorat / Université Claude Bernard Lyon 1. - 2009. - p. 284p..
- Grass E. et Lalande F.** Enquête sur le dispositif de recyclage des médicaments "CYCLAMED" [Rapport] / IGAS. - 2005. - p. 141 pages. - consultable : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000106/0000.pdf>. - Rapport n° 2005-001 de janvier 2005.
- HSDB** Hazardous Substance Data Bank - Estradiol [En ligne] // Toxnet. - consulté en janvier 2011. - <http://www.toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~x4SVD0:1>.
- HSDB** Hazardous Substances Data Bank - éthinyloestradiol [En ligne] // Toxnet. - 2012. - version du 14 février 2012. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~QBfv9j:2>.
- IARC** IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] // Hormonal Contraception and Post-menopausal Hormonal Therapy. - 1999. - Vol. monographie 72 . - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol72/mono72-11.pdf>.
- Lagarde F. et Jaffrezic-Renault N.** Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique [Revue] = IN 119 // Techniques de l'Ingénieur. - 10 septembre 2010. - Innovations Technologiques / Référence TI958. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovations-th10/innovations-en-analyses-et-mesures-42112210/techniques-emergentes-d-analyse-de-l-eau-utilisant-du-materiel-biologique-in119/biocapteurs-in119niv10002.html>. - Innovations en analyses et mesures / Référence 42112210.
- NCBI** PubChem Compounds [En ligne] // National Center for Biotechnology Information. - 2011. - <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.
- SETAC - Lee J & al.** Determination of endocrine disrupting compounds in river water by using hollow fiber membrane liquid phase microextraction with injection port-derivatization gas chromatography-mass spectrometry [Conférence] = P48 // Global Environment and Sustainability: Sound Science in a World of Diversity / éd. SETAC Society of Environmental Toxicology and Chemistry. - 2006. - p. 434 pages. - www.setac.org. - Montréal - SETAC North America 27th annual meeting 5-9 november 2006 - Abstract Book.




VOLET 2

FICHES «REDUCTION DES EMISSIONS »

SYNTHESE TRAITABILITE

Cette synthèse regroupe les traitements applicables pour la réduction des substances dans les rejets des industries du secteur des déchets. Deux tableaux sont présentés ci-dessous en fonction de la typologie du traitement : de 1^{ère} intention ou de finition.

Le jeu de pictogramme utilisé est le suivant :

Codes :	Très efficace	
	Moyennement efficace	
	Non traitable ou peu efficace	

Les substances d'une même famille ont été regroupées sur une même ligne : ex HAP ; PCB ; octyl- et nonylphénols ; métaux et leurs sels. Les informations jugées significative sont mentionnées dans la case correspondant au traitement.

La lecture de ces tableaux doit se faire au regard des informations présentées dans les fiches réduction des émissions. Les références bibliographiques consultées pour l'élaboration de cette synthèse sont rappelées à la suite des deux tableaux. Les données jugées comme non fiables n'ont pas été intégrées à cette synthèse.

		Traitements de première intention				
		Oxydation par voie humide	Oxydation -réduction chimique	Physico-chimique /	Stripping	Traitements biologiques
métaux et composés	arsenic & composés			⚠ Ne permet pas d'atteindre les limites de la DCE		⚠
	cadmium & composés			✔ Traitement par coagulation dans l'industrie chimique		⚠
	chrome & composés			⚠ Ne permet pas d'atteindre les limites de la DCE		✔ Concentration dans les boues
	cuiivre & composés			⚠		✔
	mercure & composés			⚠		✔ Concentration dans les boues
	nickel & composés			⚠ Veiller à séparer le nickel des composés cyanurés		⚠
	plomb & composés			⚠		✔ Concentration dans les boues
	zinc & composés			⚠		✔ Concentration dans les boues
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane		⚠ Composé moyennement oxydable		⚠	✔ Bon rendement par boue activée
	dichlorométhane				✔ (99% pour stripping vapeur)	
	chloroforme				⚠	
	tétrachloroéthylène				✔ Les conditions de mise en œuvre ne sont pas toujours facile et nécessite une étude poussée	✔
	tétrachlorure de carbone		⊗ Composé réfractaire		✔ Méthode la plus efficace pour réduire la concentration du CCl4	
	trichloroéthylène			⚠ Données relatives à une coagulation	✔ Les conditions de mise en œuvre ne sont pas toujours facile et nécessite une étude poussée	✔
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol					✔ Facilement biodégradable si traitement aérobie.
	pentachlorophénol		⊗ Composé réfractaire			
HAP	HAP	✔ MTD pour HAP		✔ Rendement calqué sur abattement des MES	⚠	✔
pesticides azotés	atrazine			⊗ Elimination de l'atrazine par coagulation/floculation non efficace		⚠
	irgarol					
	bifénox					
	aclonifen		⚠ Par oxydation électrochimique			
	quinoxifène					
	terbutryne					
	zeta cypermétrine					⊗ Non facilement biodégradable
	diuron					
pesticides chlorés	isoproturon					
	simazine					
pesticides chlorés	dicofol					
	heptachlore					
	hexachlorocyclohexane αβγ					⚠ Traitement possible par bioremediation in-situ
pesticides phosphorés	dichlorvos					⚠ Biodégradable
	benzène				✔	
BTEX	toluène			✔	✔	✔ Bonne élimination durant l'aération prolongé du traitement biologique
	éthylbenzène	⚠ Adaptés aux polluants volatils		✔	✔	
	o,m,p,-xylènes				✔	⚠ m-xylène et p-xylène facilement biodégradables
chlorobenzènes	chlorobenzène					
	pentachlorobenzène					
	hexachlorobenzène			⚠ Données relatives à une coagulation		⚠
divers	isopropylbenzène					
	biphényle					
	cyanures					
nonyl- & octylphénols	nonylphénols			✔ Données relatives à une floculation		⚠ Transfert dans les boues
	octylphénols					
PCB & dioxines	PCB	✔	Technique SWCO	⚠		
	dioxines					
butylphosphate	tributylphosphate					⚠
	monobutylétain cation					
	dibutylétain cation					
butylétain cations	tributylétain cation			✔		
médicaments	dichlofénac					✔ Très bonne élimination par bioréacteur à membrane
	ibuprofène					✔ De très bon rendements peuvent être atteints selon la technique utilisée
hormones	17 β estradiol					✔
	17 α ethinylestradiol					✔
ignifuges bromés	HBCDD					✔
	diphényléthers polybromés					✔
tensioactifs	PFOS & sels			⊗ Non adapté		⊗ Insensible aux biodégradations aérobie et anaérobie

		Traitements de finition												
		Adsorption	Echange d'ions	Electrodialyse	Evaporation évapo-concentration	Filtre à sable continu	Lagunage	Oxyd. thermique incinération	Per-vaporation	Phyto-remédiation	Techniques membranaires	Ozonation	Traitements biologiques	
métaux et composés	arsenic & composés	✓	Très forte affinité			✗	✗			① Phytostabilisation Phytoextraction	✓	Bons résultats en allant jusqu'à l'osmose inverse	①	
	cadmium & composés	✗	Faible affinité							②			①	
	chrome & composés	✓	Très forte affinité	① Pour récupération		✗	①			②			②	
	cuivre & composés	✗	Faible affinité			✗	①			②			②	
	mercure & composés	✓	Forte affinité			✓	①			①		✓	Bonne élimination par nanofiltration bons résultats en allant jusqu'à l'osmose inverse	①
	nickel & composés	①	Moyenne affinité			✗	✗			①		✓		①
	plomb & composés	①	Moyenne affinité		① Pour récupération		①	①		✗	Elimination délicate			①
	zinc & composés	✗	Faible affinité	① Pour récupération		✗	①			①			①	
solvants chlorés	1,2-dichloroéthane	✓	Efficacité d'élimination comprise entre 27 et 99,9% suivant les conditions d'exploitation					✓		① Phytostabilisation Phytoextraction Phytovolatilisation Rhizodégradation Phytostabilisation	①		①	
	dichlorométhane													
	chloroforme	✓	MTD pour éliminer le chloroforme											
	tétrachloroéthylène	①	Efficace sur les COHV.			✗						①	①	
	tétrachlorure de carbone	✓	Attention aux conditions opérationnelles						①	Potentiellement adapté. Manque de données techniques		①	①	
	trichloroéthylène	✓	Efficace sur les COHV					①	Incinération de déchets liquides			①	①	
chlorophénols	2,4,6-trichlorophénol	①	le Charbon actif semble plus judicieux en finition pour traiter le 2,4,6-trichlorophénol					①					①	
	pentachlorophénol									①	Phytoextraction		①	
HAP	HAP	✓	Très bonne adsorption					①				①	Méthode la plus efficace pour réduire les HAP	①
pesticides azotés	atrazine	①				✗				① Phytodégradation Rhizodégradation	①		①	
	irgarol									①				
	bifénox									①				
	acétonifène													
	quinoxifène													
	terbutryne													
	zeta cyperméthrine												①	
	diuron	①					✗				①		①	
	isoproturon	①				✗					①		①	
	simazine	①				✗					①		①	
pesticides chlorés	dicofol													
	heptachlore	①	Traitement envisageable										①	
	hexachlorocyclohexane αβγ	①											①	
pesticides phosphorés	dichlorvos	①											①	
BTEX	benzène	✓						✓	Adapté en traitement combiné stripping - incinération				①	
	toluène													
	éthylbenzène													
	o,m,p,-xylènes	①											①	
chlorobenzènes	chlorobenzène													
	pentachlorobenzène													
	hexachlorobenzène												①	
divers	isopropylbenzène													
	biphényle cyanures													
nonyl- & octylphénols	nonylphénols	①			✗	Phénols inadaptés	①	①	①	①	Phytoextraction Phytostabilisation	①	L'ozone peut former des sous-produits en réaction avec les phénols	①
	octylphénols				✗		①	①	①	①		①		
PCB & dioxines	PCB	①								①	Phytodégradation	①	POA photochimique	
	dioxines													
butylphosphate	tributylphosphate								①	Bons résultat mais peu de REX			①	
butylétain cations	monobutylétain cation													
	dibutylétain cation													
	tributylétain cation													
médicaments	dichlofénac	①	✓	①		✗	①				①		①	
	ibuprofène	✓	①	①		✗	①					①	①	
hormones	17 β estradiol	①	①	①								①	①	
	17 α éthinyloestradiol	①	①	①								①	①	
ignifuges bromés	HBCDD							✗	L'incinération peut générer des dioxines et des furannes					
	diphényléthers polybromés											✗	Les sous-produits de la désinfection avec l'ozone peuvent réagir avec les composés bromés et former des composés cancérigènes	①
tensioactifs	PFOS & sels	✓	Seul traitement possible selon REX ARCADIS					①	Dégradation possible par incinération à haute température dans certaines conditions industrielles				①	

REFERENCES

• Adsorption

AMPERES [Article]. - <https://projetamperes.cemagref.fr/Documentation%20projet%20AMPERES>. .

Boussahel R, Baudu M et Montiel A Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.

CEDRE 1,2-dichloroéthane Guide pratique [En ligne] // CEDRE (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux). - 2005. - Guide d'intervention chimique rédigé par le CEDRE avec le soutien financier d'ARKEMA et de TOTAL et le conseil technique d'ARKEMA.. - consulté en septembre 2011. - <http://www.cedre.fr/fr/publication/guides/chimique/dce.pdf>.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

Delgado Zambrano Luis Fernando et Albasi Claire Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2009. - RE141.

EMIS Adsorption Techniques [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - 2011. - <http://www.emis.vito.be/node/22733>.

EPA Granular Activated Carbon Absorption and Regeneration [En ligne] // Wastewater Technology Fact Sheet. - 2000.

EPA Methods for the determination of organic compounds in drinking water [Rapport]. - Cincinnati : [s.n.], 1989.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

EPA US Treatment technology in soil, waste, and water [En ligne]. - 2007. - <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.

Fabre B, Roth E et Heintz V Les isomères de l'hexachlorocyclohexane [Rapport]. - [s.l.] : ADEME, 2005.

in91 Techniques de l'ingénieur - TI IN 91 [Rapport]. - 2008.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS 2,4,6-trichlorophénol [En ligne] // Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. - INERIS, 07 06 2005. - consulté en septembre 2011.

- INERIS** Arsenic et composés inorganiques : panorama des principaux émetteurs [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - <http://rsde.ineris.fr>.
- INERIS** Atrazine [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** DIURON [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** HAP [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** Hexachlorocyclohexane [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** Isoproturon [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** NICKEL ET PRINCIPAUX COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** NONYLPHENOLS ET ETHOXYLATES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** Simazine [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** Tétrachloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://rsde.ineris.fr/>.
- INERIS** Trichloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- J.-F. Fiset et al.** Revue sur l'enlèvement des métaux sur les effluents par adsorption sur la sciure et les écorces de bois [Article] // REVUE DES SCIENCES DE L'EAU. - 2000.
- Lenntech** [En ligne]. - septembre 2011. - <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/adsorption.htm>.
- Lykins et Clark** [Ouvrage]. - 1994.
- Montiel A et Welte B** L'affinage de l'eau par filtration sur charbon actif en grains. Les contraintes imposées par cette étape de traitement [Article] // Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural. - 1999. - 9.
- RMC agence de l'eau** Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.
- Service d'assainissement de La ville de Lausanne** Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne) [En ligne] // Office fédéral de l'environnement OFEV / éd. Lausanne Ville de. - Janvier 2011. - 2012. - http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZlpZig7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1ae2lZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGode tmqaN19Xl2ldvoaCVZ,s-.pdf. - UW-0917-F.

- SODIM** Évaluation d'un procédé de coagulation-floculation au chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles [Rapport]. - Février 2008.
- Soulier C [et al.]** Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.
- US EPA** [Section]. - 1985, 2003b.
- w8000 TI** Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.
- WT BREF** - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.
- **Echangeur d'ions**
- CWW BREF** Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.
- de Dardel François** Echange d'ions - technologies d'applications [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 1998. - Vol. j2784.
- DLK Technologies** Résines [En ligne] // DLK Technologies pour le traitement des eaux. - 2012. - <http://www.dlk.ch/index.php?/Traitement-des-eaux-residuaires/resines.html>.
- EMIS** Ion exchange [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - <http://www.emis.vito.be/node/22732>.
- EPA** Aqueous Mercury Treatment [Rapport]. - 1997.
- EPA** Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.
- EPA** Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.
- INERIS** Arsenic et composés inorganiques : panorama des principaux émetteurs [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - <http://rsde.ineris.fr/>.
- INERIS** CHROME ET SES COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS** Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.
- Koller Emilian** Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.
- WI BREF** Incinération des déchets [Rapport]. - Août 2006.
- WT BREF** - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.
- **Electrodialyse**
- Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.
- INERIS** Apport des MTD pour respecter les objectifs de réduction des rejets de substances dangereuses dans le milieu aquatique - Etude de cas appliquée au traitement de surface [Rapport]. - 2010.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Wouter Pronk, Martin Biebow et Markus Boller Electrodialysis for Recovering Salts from a Urine Solution Containing Micropollutants [Article] // Environmental Science and Technology. - 2006. - 7 : Vol. 40.

- **Evapoconcentration – évapocondensation**

ADEME L'évapo-concentration [Rapport] / DABEE - Département Industrie et Agriculture. - 2006. - p. 11.

AE Agence de l'eau Rejet zéro sur site, traitement des effluents de décapage acier inox par évapo-concentration [En ligne] // Mise en oeuvre des meilleures techniques disponibles en traitements de surfaces. - Mars 2008. - 2011. - http://www.eaurmc.fr/typo3conf/ext/dam_frontend/pushfile.php?docID=674.

APESA Evapoconcentration [Rapport] : Fiche technique. - 2007.

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

Ianesco L'évapo-concentration, une solution pour le traitement d'effluents concentrés [En ligne] // Lettre d'information de Ianesco et Créatmos. - Juillet - août 2010. - 2011. - <http://www.ianesco.fr/web/mailling/cvi9/cvi9.pdf>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Livre]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

Vidonne Alain Traitement des eaux résiduaires dans les ateliers de traitements de surface [Rapport]. - [s.l.] : Technique de l'ingénieur, 2009.

- **Filtre à sable continu**

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

EMIS Sand filtration [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - <http://www.emis.vito.be/node/22621>.

EPA Storm Water Technologies Fact sheet - Sand filters [Rapport]. - [s.l.] : EPA, 1999.

INERIS Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

SCHREIBER Industrial filtration [En ligne]. - <http://www.schreiberwater.com/Industrial.shtml>.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

- **Lagunage**

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

EPA Calculative lagoons // Wastewater technology fact sheet. - 2001.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

MAGE42 Les lagunages : éléments de diagnostic [Rapport]. - [s.l.] : Conseil général de la Loire, 2007.

Paulus A Association lagunes - filtres plantés : premiers retours d'expérience [Article] // Technique Science et Méthodes. - [s.l.] : ASTEE, 2009. - 11.

Racault Y [et al.] Le lagunage naturel - les leçons de 15 ans de pratique en France [Rapport]. - [s.l.] : CemargrefEditions, 1997.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

- **Oxydation par Voie Humide (OVH)**

Boutin Olivier et Ferrasse Jean-Henry Procédés d'oxydation en voie humide [Ouvrage]. - [s.l.] : Technique de l'ingénieur, 2011. - Vol. CHV6030.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS NAPHTHALENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD / L'USINE NOUVELLE, 2009. - Vol. 2ème édition.

Magazine Environnement innovéox développe l'oxydation hydrothermale supercritique [Article] // Environnement Magazine. - Novembre 2011. - 1702.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.

- **Oxydation Réduction chimique**

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

INERIS Plomb [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD / L'USINE NOUVELLE, 2009. - Vol. 2ème édition.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Zaouak Amira, Matoussi Fatma et Dachraoui Mohamed Electrochemical Study of Diphenyl Ether Derivatives Used as Herbicides [Article] // International Journal of Electrochemistry. - Février 2011. - Article ID 904570 : Vol. Volume 2011. - p. 6.

- **Oxydation thermique incinération**

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS HEXABROMOCYCLODODECANE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Nogaret Jean-François et industries SARP Mémento technique des déchets dangereux : gestion des déchets spéciaux [Ouvrage]. - 2006. - Vol. 1 : p. 179.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

- **Pervaporation**

Westinghouse Savannah River Compagny [Section] / auteur du livre Pierce R.A..

ADEME La pervaporation [Rapport]. - 2006.

Clément Robert et Jonquieres Anne Pervaporation [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés, 2001. - Vol. J 2820.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD / L'USINE NOUVELLE, 2009. - Vol. 2ème édition.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

- **Traitement physico-chimiques, insolubilisation ou précipitation**

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

HSDB Hazardous substance data bank - Arsenic [En ligne]. - Toxnet, 2000. - juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+7440-38-2>.

in91 Techniques de l'Ingénieur - TI IN 91 [Rapport]. - 2008.

INERIS CADMIUM ET SES DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CHROME ET SES COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Dichlorvos [En ligne] // Portail des substances chimiques. - mars 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/786>. - 2011.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS HAP [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS HEXACHLOROBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Peldszus, Rüdiger Heavy Metal Separation from Flue Gas Scrub Water with TMT15® [En ligne] // Evonik Industrie. - 2011. - http://www.mcilvainecompany.com/Universal_Power/Subscriber/PowerDescriptionLinks/Rudiger%20Peldszus,%20Evonik%206-16-11.pdf.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.

- **Phytoremediation**

Boutin C, Iwema A et Lagarrigue C Point sur les zones de dissipation végétalisées : vers une protection supplémentaire du milieu récepteur de surface [En ligne] // EPNAC. - Juin 2010. - 2011. - <http://epnac.cemagref.fr/documentation/documents-pdf/documentation.2011-05-12.7206108678/body>.

Boutin Catherine Les Zones de Rejet [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - novembre 2011. - http://colloquefeyssine.cemagref.fr/presentations/Presentation_13_Colloquefeyssine_Boutin.pdf/at_download/file.

Garnaud S Bilan des activités du groupe de Travail EPNAC [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - Novembre 2011. - http://colloquefeysine.cemagref.fr/actes/Article_8_Colloquefeysine_Garnaud.pdf/at_download/file.

Koller Emilian Traitement des pollutions industriels [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

La Zone Libellule : utiliser la nature pour réduire les nouveaux polluants [En ligne] // Lyonnaise des Eaux. - 2011. - <http://www.lyonnaise-des-eaux.fr/actualite/collectivites/zone-libellule-utiliser-nature-reduire-nouveaux-polluants>.

Pivetz Bruce E Ground water issue - Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites [Rapport]. - [s.l.] : EPA, 20101.

STERCKEMAN Thibault, OUVRARD Stéphanie et LEGLIZE Pierre Phytoremédiation des sols [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2011.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

• **Stripping**

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Livre]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz dans l'industrie chimique [Livre]. - 2003.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS Tétrachloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS Tétrachlorure de Carbone [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS Trichloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Livre]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

WI BREF - Incinération des déchets [Rapport]. - 2006.

• **Technique membranaires**

Andreozzi R., Marotta R. et Paxéus N. Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment [Revue] // Chemosphere / éd. Pergamon. - 2003. - Vol. 50. - pp. 1319-1330. - www.elsevier.com/locate/chemosphere.

Boussahel R, Baudu M et Montiel A Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Clark et coll [Section]. - 1988.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

Delgado TI RE 141 - Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement [Rapport]. - 2009.

EMIS Reverse osmosis [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - <http://www.emis.vito.be/node/22627>.

EPA Methods for the determination of organic compounds in drinking water [Rapport]. - Cincinnati : [s.n.], 1989.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Fabre B, Roth E et Heintz V Les isomères de l'hexachlorocyclohexane [Rapport]. - [s.l.] : ADEME, 2005.

Fronk et coll. [Section]. - 1990.

g1270 G 1270 - Traitement physico-chimique de la pollution insoluble [Rapport]. - 2002.

g1330 TI - Finitions à haute performance [Rapport]. - 1999.

Gendraul-Derveaux Sophie Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine [Thèse]. - 2007. - p. 236.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS CHROME ET SES COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Nickel et ses composés [En ligne] // Portail Substances Dangereuses. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1301>.

Lykins et Clark [Ouvrage]. - 1994.

OMS [Section]. - 2004b.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

WI BREF Incinération des déchets [Rapport]. - Août 2006.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.

• **Traitement à l'ozone**

BAIG Sylvie et MOUCHET Pierre Oxydation et réduction appliquées au traitement de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2010. - Vol. TI 860-w2102.

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Collie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en fili ères convent ionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

Delgado Zambrano Luis Fernando et Albasi Claire Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2009. - RE141.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Gendrault-Derveaux Sophie Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine [Thèse]. - 2007. - p. 236.

INERIS HAP [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Service d'assainissement de La ville de Lausanne Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne) [En ligne] // Office fédéral de l'environnement OFEV // éd. Lausanne Ville de. - Janvier 2011. - 2012. - http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZLpZig7t,lp6i0NTU042iZ26ln1ae2Izn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGode tmqaN19X12IdvoaCVZ,s-.pdf. - UW-0917-F.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

TI Réutilisation des eaux de process grâce à l'oxydation - La technologie HiPOX [En ligne] // Instantanés Techniques. - décembre 2009. - 2011. - http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique_191/reutilisation-des-eaux-de-process-grace-a-l-oxydation-article_7376/.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.

• **Traitement biologique**

AGRITOX AGRITOX [En ligne] // Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques. - mars 2009. - consulté en juil. 2011. - <http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/sa.php?sa=230#debut>.

AMPERES [Article]. - <https://projetampere.cemagref.fr/Documentation%20projet%20AMPERES>. .

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Collie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Champlain Mylène de Effets des hormones stéroïdes sexuelles non traitées dans les effluents municipaux [En ligne] // Université Sherbrooke - Essais et mémoires. - Mai 2011. - 2012. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/de_Champlain_M__01-06-2011_.pdf.

Choubert Jean-Marc et Martin Samuel Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - Novembre 2011. - 2011. - http://colloquefeysine.cemagref.fr/presentations/Presentation_12_Colloquefeysine_Martin.pdf/at_download/file.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en fili ères convent ionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Fournier J. Stéréochimie des pesticides [Revue] // Techniques de l'ingénieur / éd. l'ingénieur Techniques de. - 10 janvier 2010. - Chimie organique et minérale/ référence 42108210 : Vol. Physique Chimie - Référence TI053. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/sciences-fondamentales-th8/chimie-organique-et-minerale-42108210/stereochimie-des-pesticides-af6817/modes-d-action-de-la-biostereoselectivite-af6817niv10004.html#4.9>. - AF6817.

g1330 TI - Finitions à haute performance [Rapport]. - 1999.

Gendrault-Derveaux Sophie Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine [Thèse]. - 2007. - p. 236.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] = Dichlorvos. - 1991. - Vol. vol. 53. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/mono53-11.pdf>.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS 2,4,6-trichlorophénol [En ligne] // Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. - INERIS, 07 06 2005. - consulté en septembre 2011.

INERIS HEXACHLOROBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Hexachlorocyclohexane [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS NAPHTHALENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS NONYLPHENOLS ET ETHOXYLATES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Simazine [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Trichloroéthylène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/glossaire/view/letter/T>.

LESAGE Geoffroy Etude de l'élimination de substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation [Thèse]. - Décembre 2009.

PPDB Dichlorvos [En ligne] // Pesticides Properties Data Base. - Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire (U.K.), 2011. - consulté en mars 2011. - <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/index.htm> - 2011.

PubChem Trichloroéthylène [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2011. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=6575&loc=ec_rcs#x27.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RUSSO L. Combined chemical and biological treatment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons contaminated Soil [Rapport]. - Septembre 2009.

Service d'assainissement de La ville de Lausanne Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne) [En ligne] // Office fédéral de l'environnement OFEV / éd. Lausanne Ville de. - Janvier 2011. - 2012. - http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZLpZig7t,lnp6i0NTU042i2Z6ln1ae2iZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGode tmqan19Xi2ldvoaCVZ,s,-pdf. - UW-0917-F.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

WI BREF - Incinération des déchets [Rapport]. - 2006.

ADSORPTION

Peu d'informations spécifiques aux rejets des industries du secteur du déchet ont été trouvées pour le traitement des substances dangereuses par adsorption. Les données disponibles sont principalement issues du BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique et de projets liés au traitements des eaux des stations d'épuration.

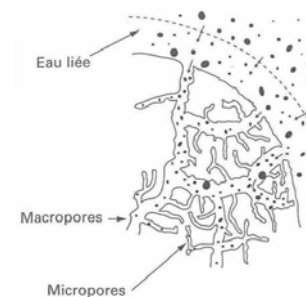
L'adsorption est un processus de séparation au cours duquel des molécules viennent se fixer sur la surface d'un matériau solide, appelé adsorbant. Il s'agit de l'une des techniques de séparation les plus utilisées dans la dépollution des eaux pour séparer, complexer et purifier. (Crini, et al., 2007)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées		Typologie du traitement	Interférences
L'ensemble des sous-secteurs peuvent être concernées par le traitement par adsorption	biphényle	ibuprofène	Traitement de finition	Le colmatage et une saturation rapide entraîne une perte d'efficacité de l'adsorbant. L'efficacité des filtres diminue avec le temps. Efficacité diminuée dans le cas d'eaux trop chargées en sels ou si trop de fer en solution. Relargage possible de polluants (phénols) en cours d'utilisation ou lors de la régénération ; Plus la polarité est élevée, moins le procédé est efficace ; Plus la solubilité est élevée, moins le procédé est efficace ; Plus le degré de dissociation est élevé, moins le procédé est efficace ;
	cadmium	irgarol		
	cadmium composés	isopropylbenzène		
	chlorobenzène	isoproturon		
	chloroforme	mercure & composés		
	chrome	monobutylétain cation		
	chrome composés	nickel & composés		
	cuivre	nonylphénols		
	cuivre composés	o,m,p,-xylènes		
	cyanures	octylphénols		
	dibutylétain cation	PCB		
	dichlofénac	PCB-153		
	dichlorométhane	pentachlorobenzène		
	dichlorvos	pentachlorophénol		
	dicofol	PFOS & sels		
	dioxines	plomb & composés		
	diphényléthers polybromés	quinoxifène		
	diuron	simazine		
éthylbenzène	terbutryne			
HAP anthracène	tétrachloroéthylène			
HAP fluoranthène	tétrachlorure de carbone			
HAP naphtalène	toluène			
HBCDD	benzène			
heptachlore	tributylétain cation			
hexachlorobenzène	tributylphosphate			
hexachlorocyclohexane $\alpha\beta$	trichloroéthylène			
atrazine	1,2-dichloroéthane			
	2,4,6-trichlorophénol			

DESRIPTIF

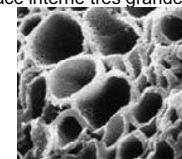
L'adsorption définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des ions ou des molécules de façon plus ou moins réversible.

Les médias utilisés ont une structure poreuse leur procurant une grande surface spécifique. Les éléments indésirables sont alors liés de façon chimique et physique aux pores du média de filtration.



Une fois le média saturé, il faut le régénérer, c'est-à-dire lui appliquer des traitements chimiques et/ou physiques et/ou thermiques afin de casser les liaisons formées avec les éléments adsorbés et lui restituer la totalité ou une fraction de sa capacité d'adsorption. La régénération du média permet sa réutilisation et réduit ainsi les coûts de fonctionnement (liés au remplacement du matériau).

Différents produits naturels (zéolithes, argiles, charbon, etc) ou de synthèse peuvent être utilisés pour le traitement par adsorption. Le charbon actif est un média connu pour ses propriétés adsorbantes sur plusieurs éléments organiques et minéraux. Le charbon actif est le résultat d'un traitement thermique en atmosphère contrôlée de divers matériaux naturels (houille, lignite, bois...). Ce traitement ne laisse que le squelette carboné des matériaux et la structure microporeuse résultante est idéale pour le traitement de par sa surface interne très grande (500 à 1500 m²/g).

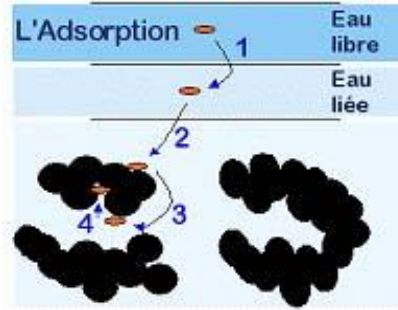


Vue au microscope électronique d'un grain de charbon actif

Figure 1 : Vue au microscope électronique d'un grain de charbon actif

Le phénomène physique mis en œuvre est l'ADSORPTION : il s'agit d'un transfert d'une phase liquide (contenant des substances) vers une phase solide avec rétention des molécules en solution et en suspension dans l'eau sur la surface de contact du charbon actif. Elle peut se décomposer en 4 phases :

- Transfert de la particule (très rapide)
- Déplacement de l'eau liée jusqu'à être en contact avec le charbon (rapide),
- Diffusion de l'eau à l'intérieur du charbon sous l'influence du gradient de concentration (lent),
- Adsorption des particules dans un micropore du charbon (très rapide).



Le charbon actif est le plus souvent utilisé comme traitement de finition pour ramener les teneurs (en DCO, ou d'autres composés organiques, etc...) à des valeurs conformes aux objectifs demandés ou sur des effluents spécifiques rejetés à faible débit.

C'est le cas de centres de traitement de déchets dangereux qui s'en sont équipés en finition avant rejet dans le milieu naturel en prévision des changements de seuils de rejets des ICPE (retour d'expérience ARCADIS).

C'est le cas également des usines d'incinération d'ordures ménagères qui sont équipées de filtres CAG en sortie de station physico-chimique dans le cadre de l'Arrêté du 20 septembre 2002 (traitement AOX, COT, PCDD/PCDF)

Son utilisation pour traiter des effluents concentrés entraînerait une saturation rapide du charbon et une consommation importante (non viable économiquement).

DONNEES DE DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement d'une installation de traitement est réalisé en tenant compte de la capacité d'adsorption du charbon actif utilisé. Elle est définie en réalisant des isothermes d'adsorption.

On note d'une façon générale que :

- La capacité d'adsorption augmente avec la taille de la molécule concernée,
- Les molécules linéaires (molécules aromatiques) sont plus facilement adsorbables que les molécules ramifiées,
- L'adsorption est plus faible pour les molécules polaires (méthanol),
- L'adsorption diminue avec l'augmentation de la température (agitation moléculaire),
- L'adsorption est faible pour les petites molécules, solubles, polaires : méthanol, acide acétique, acétone, citrate.

Ainsi, la capacité d'adsorption est variable en fonction des caractéristiques des effluents et des composés concernés.

Par ailleurs les différentes typologies, marques de charbon actif ont des capacités d'adsorption différentes, toutes choses égales par ailleurs. Des essais de dimensionnement doivent être réalisés et des analyses régulières en sortie de traitement doivent être réalisées afin de déterminer la saturation du charbon et de procéder à sa régénération ou son remplacement.

Le charbon actif en grain, le lignite et l'oxyde d'aluminium activé sont régénérés thermiquement à des températures allant jusqu'à 750-1 000 °C. Les résines, les zéolites et l'oxyde d'aluminium activé qui portent une charge inorganique sont élués par des produits chimiques qui sont soit des solvants organiques, soit des solutions inorganiques. (CWW, 2003)

A titre indicatif : quelques exemples d'adsorption (pour un traitement de finition) :

- Dichlorométhane : 7g/kg (0,7 %)
- Tétrachloroéthylène : 200g/kg (20 %)
- Dichloroéthylène : 60g/kg (6 %)

Ces valeurs concernent des composés spécifiques. Compte tenu de l'hétérogénéité des effluents à traiter et de la présence d'autres composés, la consommation de charbon est souvent beaucoup plus importante. Il est nécessaire de disposer d'effluents dont les principaux polluants (MeST, DCO, DBO5) ont déjà été éliminés pour éviter une saturation trop rapide et laisser le maximum de matériau disponible pour le traitement des substances RSDE.

Le temps de contact nécessaire varie entre 20 et 40 minutes et la vitesse de filtration est de 6 à 8 m³/m².h.

En ce qui concerne le traitement des métaux et métalloïdes, il s'agit d'utiliser du charbon actif en grain de diamètre compris entre 0,8 et 1,5 mm dans des lits fixes de hauteur 0,8 à 2 m. Les vitesses de filtration varient de 5 à 10 m³.m⁻².h⁻¹ et les temps de contact sont de 2 à 20 minutes. (w8000, 2007) Le taux de travail (V/V/h) n'est cependant pas défini.

SUBSTANCES CONCERNEES

Plusieurs échanges avec les constructeurs et des exploitants ont montré que certains charbons ont tendance à relarguer des substances visées par la RSDE (cas observé des phénols). En effet, les concentrations limites (NQE) sont aisément atteintes en cas de pollution même modeste. Le choix du charbon est donc fondamental et il serait judicieux d'en valider la qualité par un essai en laboratoire (lixiviation) d'autant qu'il n'y a que peu de recul sur les molécules visées par la présente étude.

L'application de ces techniques en finition (après les traitements pré-requis) devrait permettre de restituer une eau de qualité conforme aux objectifs. Pour réduire les risques de colmatage du filtre à charbon, il est souvent recommandé de mettre en place un filtre à sable avant le charbon actif pour limiter les teneurs en matière en suspension (< 20/30 mg/l). Certains fournisseurs proposent un charbon plus grossier pouvant accepter des teneurs plus élevées en matières en suspension. Un contrôle du pH est également nécessaire dans le cas d'eaux entartrantes.

Les grands principes en ce qui concerne les restrictions d'application sont les suivants : (CWW, 2003)

Paramètres	Limites / restrictions
MES	<20 mg/l avec adsorbants à lit fixe 1 <10 mg/l avec adsorbants à lit mobile 2
Concentration en polluant	<100 g/l (sans récupération de l'adsorbant) 2 <500 g/l (avec récupération de l'adsorbant) 2
Masse moléculaire	Plus la masse moléculaire est faible, moins le procédé est efficace
Longueur de la chaîne de carbone	Plus la chaîne est longue, moins le procédé est efficace
Ramification des chaînes de carbone	Plus les ramifications sont nombreuses, moins le procédé est efficace
Polarité	Plus la polarité est élevée, moins le procédé est efficace
Solubilité dans l'eau	Plus la solubilité est élevée, moins le procédé est efficace
Degré de dissociation	Plus le degré de dissociation est élevé, moins le procédé est efficace
Macromolécules	Diminution de l'efficacité avec les structures macromoléculaires
1 cww/tm/4	
2 cww/tm/51	

Substances organiques

En général, les charbons actifs (CA) sont utilisés en tant que très bons adsorbants de la matière organique afin de réduire la charge organique en traitement secondaire et/ou tertiaire, par exemple, pour traiter les effluents chargés (DCO, couleur...) de l'industrie textile.

Les CA sont également des adsorbants à très large spectre : ils permettent d'éliminer les micropolluants d'origine anthropogénique comme les pesticides, les dérivés aromatiques et phénoliques les hydrocarbures ou les tensioactifs. Ils permettent également de retenir les composés organiques toxiques réfractaires au traitement biologique situé en amont ou de parfaire l'élimination de la matière organique avant rejet dans un traitement tertiaire des eaux industrielles. (Crini, et al., 2007)

Remarque : La capacité d'élimination est limitée par le temps de contact, les phénomènes de compétition avec des matières organiques naturelles, la solubilité des contaminants et le type de carbone. (Delgado Zambrano, et al., 2009)

1,2-dichloroéthane

Traitement combiné par stripping et charbon actif (INERIS, 2011)

Le Centre technique des eaux usées (CTEU) d'Environnement Canada a mis en place un pilote dans une décharge pour traiter les eaux souterraines contaminées par des substances chimiques organiques volatiles pendant l'été 1986. Le système de traitement est composé d'une colonne de stripping traitant les eaux usées et de deux filtres à charbon actif en grain en série traitant les gaz. Dans les eaux usées, il y avait du 1,1-dichloroéthane, du 1,2-dichloroéthane, du chloroforme, du 1,1-dichloroéthylène, du 1,1,1-trichloroéthane, du benzène, du toluène, et du trichloréthylène. L'efficacité de l'élimination est comprise entre de 27 et 99,9% suivant les composés et les conditions d'exploitation. (Semovic L et al,1987)

Adsorption sur du charbon actif

L'adsorption est de 0,163 g de 1,2 dichloroéthane par gramme de charbon. (CEDRE, 2005)

2,4,6-trichlorophénol

D'après (RMC, 2010) un traitement sur charbon actif semble le plus judicieux en finition pour traiter le 2,4,6-trichlorophénol.

Dans l'eau, le 2,4,6-trichlorophénol possède les caractéristiques physico-chimiques requises pour s'adsorber à la phase particulaire. (INERIS, 2005)

HAP (INERIS, 2006)

Dans le cadre de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, les HAP résiduels sont éliminés par des traitements par adsorption sur charbon actif en poudre (CAP) ou en grain (CAG) ;

Remarque : le retour d'expérience d'ARCADIS montre que l'adsorption de HAM et HAP (très apolaires) fonctionne assez bien, même dans une eau ou la concentration en matières organiques est très importante par rapport à la concentration en HAM / HAP.

Benzène (RMC, 2010)

Procédé utilisé dans le cas où les polluants sont peu concentrés. Ce traitement peut traiter jusqu'à 95% d'un effluent contenant jusqu'à 80mg/l de Benzène.

Chloroforme (RMC, 2010)

Ce traitement semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micropolluants (taux d'élimination de 99%)

Hexachlorocyclohexane $\alpha\beta$

Selon Fabre et al. (2005) l'hexachlorocyclohexane peut être traité par adsorption sur charbon actif. (INERIS, 2007).

Kouras et al. (1998) ont montré que 20 mg.L-1 de charbon actif en poudre sont nécessaires pour réduire une concentration en lindane de 10 µg.L-1 à 1 µg. L-1 en 1 heure de temps de contact. (Fabre, et al., 2005).

Un taux de performance de 99% peut être atteint pour l' α -hexachlorocyclohexane avec une alimentation de 10µg/l et un charbon actif en poudre de capacité 85 mg/l. (CWW, 2003)

Nonylphénols (INERIS, 2005)

Une synthèse bibliographique réalisée par l'agence danoise de l'environnement en 2002 (Danish EPA, 2002) rapporte que des rendements supérieurs à 90% peuvent être atteints pour traitement des eaux usées domestiques par des techniques couteuses comme la filtration sur charbon actifs en poudres, membranes, etc...

Phénols

Le BREF relatif aux systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique rapporte que le charbon actif en grain permet d'atteindre les taux de performance suivants sur les phénols

- 75% pour un lit mobile et une alimentation de 70mg/l ;
- 60-80% pour une concentration d'alimentation de 5mg/l

o,m,p,-Xylènes, Toluène

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique, il est possible d'utiliser des procédés par adsorption sur charbon actif dans le cas où les polluants sont peu concentrés. Un tel procédé capable de traiter jusqu'à 60 m3/h d'effluents coûte 75 000 £, auquel il faut ajouter 1000 à 2000 £ pour le retraitement d'une tonne de charbon actif. (CWW, 2003)

Simazine (INERIS, 2007)

Selon INERIS (2006), le traitement biologique suivi d'une adsorption sur charbon actif est un traitement envisageable sur les eaux résiduaires.

Tétrachloroéthylène (INERIS, 2007)

Adsorption sur charbon actif (RMC, 2010)

L'adsorption sur CAG est souvent employée pour réduire les concentrations de COV dans l'eau potable. On estime que cette méthode permet de réduire de 99 % (U.S. EPA, 1985,2003b; Lykins et Clark, 1994) les concentrations de tétrachlorure de carbone et d'obtenir ainsi des concentrations inférieures à 1 µg/L dans l'effluent lorsque les conditions opérationnelles sont raisonnables.

Traitement combiné par stripping et charbon actif (INERIS, 2007)

L'élimination du tétrachloroéthylène de l'eau est généralement réalisée par stripping (entraînement de gaz ou de matières volatiles dissoutes dans l'eau, au moyen d'un courant de vapeur, de gaz ou d'air traversant le liquide à contre-courant).

Cette technique nécessite un traitement de l'air, sinon le tétrachloroéthylène est rejeté à l'atmosphère. Les vapeurs toxiques sont récupérées puis traitées par filtre à air au charbon actif. D'après une entreprise de production de produits issus de l'électrolyse, cette dernière méthode est jugée la plus rentable, facile à mettre en oeuvre et s'avère très efficace.

Trichloroéthylène

Comme tout micropolluant organique, le trichloroéthylène montre une bonne affinité avec le charbon actif. Note fiabilité : 1 (RMC, 2010)

Traitement combiné par stripping et charbon actif (INERIS, 2007)

L'élimination du Trichloroéthylène par traitement combiné stripping/charbon actif est identique au traitement du Tétrachloroéthylène.

D'après un spécialiste du traitement de l'eau et de l'air, le traitement avec du charbon actif en grains constitue également un moyen efficace d'éliminer le trichloroéthylène des approvisionnements d'eau potable. Le trichloroéthylène a une grande probabilité d'être absorbé par le charbon actif.

Pentachlorophénol

En traitement de première intention, il existe de nombreuses méthodes d'adsorption pour éliminer le pentachlorophénol des rejets des industries concernées par le traitement du bois : le charbon actif, la filtration sur membranes... (HSDB, 2011)

Tétrachlorure de carbone

L'adsorption sur CAG est souvent employée pour réduire les concentrations de COV dans l'eau potable. On estime que cette méthode permet de réduire de 99% (US EPA, 1985, 2003b) ; (Lykins et Clark, 1994) les concentrations en CCl₄ et d'obtenir ainsi des concentrations inférieures à 1 µg/L dans l'effluent lorsque les conditions opérationnelles sont raisonnables

Pesticides – Atrazine, Simazine, Isoproturon, Diuron (Boussahel, et al., 2002)

Le charbon actif (en grain ou en poudre) élimine très bien les composés non polaires, mais sa capacité d'adsorption diminue pour les pesticides polaires. En outre, l'adsorption des pesticides se trouve concurrencée par la matière organique présente dans l'eau et qui a plus d'affinité avec celui-ci (Montiel, et al., 1999). Ce phénomène diminue l'efficacité des charbons et oblige les utilisateurs à de fréquentes régénérations de ceux-ci.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif

L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides (DUGUET *et al.*, 1993) dans (Boussahel, et al., 2002) ; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Atrazine

Des rejets dans l'environnement ont été rapportés lors de la formulation de produits commerciaux contenant cette substance active (usine BASF de Gravelines). Selon l'exploitant de ce site, les effluents d'eaux de formulation (eaux de lavage) de l'usine sont traités par un procédé physico-chimique sur colonne de charbon actif en station de traitement des eaux. Conformément à l'arrêté préfectoral d'exploitation (APE), les eaux traitées sont rejetées en discontinu par un émissaire en mer après contrôle des traces résiduelles de matières actives dans chaque rejet. (INERIS, 2007)

Selon l'US EPA, le charbon actif granulaire ou particulaire ont été utilisés avec succès pour éliminer l'atrazine et ses métabolites de l'eau potable. (EPA, 1989)

Un taux de performance de 99% peut être atteint pour l'atrazine pour un traitement par charbon actif en poudre (CWW, 2003).

Diuron (INERIS, 2007)

Plusieurs sociétés spécialisées indiquent que le Diuron présente une très grande probabilité d'être efficacement adsorbé sur le charbon actif. Cependant, ces techniques ont un coût et ne sont pas adaptées aux stations de traitement des eaux de petites tailles.

Isoproturon (INERIS, 2007)

Plusieurs sociétés spécialisées indiquent que les rejets liquides contaminés par de l'isoproturon peuvent être traités par un passage sur des filtres à charbon actif car présentant une très grande probabilité d'être efficacement adsorbée.

Les coûts très élevés ne semblent cependant pas adaptées aux rejets diffus. (Lenntech, 2011)

Selon les dirigeants de l'usine BASF de Gravelines (site industriel qui réalisait jusqu'en 2006 la formulation de produits commerciaux contenant de l'isoproturon), les effluents d'eaux de formulation (eaux de lavage) du site sont traités par un procédé physico-chimique sur colonne de charbon actif en station de traitement des eaux. (INERIS, 2007)

Composés minéraux

Les traitements par charbon actifs sont généralement utilisés pour éliminer les minéraux dont les métaux lourds (cadmium, plomb, cuivre, mercure, zinc...) ainsi que les molécules responsables de la couleur (due à des colorants acides, métallifères...). (Crini, et al., 2007)

Par ailleurs, des charbons actifs commerciaux (CAC) macroporeux peuvent être utilisés comme supports de bactéries: ces dernières dégradent une partie de la MO adsorbée (élimination biologique) et opèrent ainsi une régénération *in situ* de l'adsorbant. Ce type de traitement est, en général, couplé à une étape d'ozonation, qui permet d'améliorer les performances du procédé. Les filtres biologiques de CAC sont par exemple, utilisés pour détoxifier des eaux chargées en ions (déferrisation, démantanisation, dénitrification). Un autre avantage majeur du traitement par des CAC est de ne pas engendrer de sous-produits, contrairement aux traitements chimiques par oxydation

Le traitement par charbon actif appliqué essentiellement pour réduire les teneurs en composés organiques peut aussi adsorber certains composés comme le mercure et l'arsenic et des métaux comme le zinc, le nickel et le cadmium. (WT, 2006)

L'affinité du charbon actif vis-à-vis des métaux concernés par l'étude est considérée comme très importante pour l'arsenic et le chrome, importante pour le mercure, moyenne pour le nickel et le plomb et faible pour les autres familles de métaux (cuivre, cadmium et zinc) (w8000, 2007)

En effet, la formation de ligands entre la matière organique adsorbée ou en solution et les ions métalliques peut permettre un accroissement de l'abatement de la pollution métallique sous la forme de complexes, de biosorption.... (w8000, 2007). Cette technique n'est cependant pas le procédé le plus couramment utilisé pour l'élimination des métaux.

Affinité du charbon actif	Métaux et métalloïdes
Très importante	As, Bi, Cr, Sn
Importante	Ag, Hg, Co
Moyenne	Pb, Ni, Fe
Faible	Cu, Cd, Zn, Ba, Se, Mo, Mn

Table d'affinité du charbon actif vis-à-vis de différents métaux. Source : (w8000, 2007)

Arsenic et ses composés (INERIS, 2008)

Selon le site internet de l'inspection des installations classées le traitement par adsorption permet de réduire les émissions de l'arsenic dans les eaux.

Cuivre et ses composés (INERIS, 2010)

La filtration sur charbon actif en grain permet une réduction du cuivre ionique (Degremont-Suez, 2005).

Cadmium et ses composés (RMC, 2010)

Afin d'atteindre les objectifs de la DCE (50µg/l sur la base de 10 x NQE). Un traitement complémentaire peut être nécessaire (traitement membranaire ou charbon actif par exemple).

Chrome et ses composés

Identique au traitement décrit pour le Cadmium et ses composés

Mercure & composés

Traitement combiné par réajustement de pH et adsorption

Les eaux traitées nécessitent souvent un réajustement de pH. D'après l'EPA (2007), ce procédé est le plus fréquemment utilisé. Il supporte différentes caractéristiques d'effluents ainsi que des débits très importants. Associé à une étape d'adsorption sur charbon actif ce procédé permet d'atteindre des concentrations de l'ordre de 2 µg.L⁻¹.(EPA, 2007)

Traitement combiné : biologique et adsorption

D'après l'EPA, la décontamination par voie biologique est en développement. L'un des procédés actuellement testés transforme les ions mercure en mercure élémentaire par des bactéries puis l'effluent passe sur du charbon actif pour éliminer le mercure résiduel. (EPA, 2007)

Nickel & composés (INERIS, 2006)

Selon les données fournies par l'INERIS l'utilisation de la filtration par charbon actif en poudre permet une adsorption moyenne du nickel (Degrémont, 2005).

Ces procédés sont utilisés notamment dans le traitement des effluents des activités de traitement de surface (nickelage). Dans cette industrie, les émissions de Nickel concernent les milieux aquatiques et les sols, mais très peu le compartiment atmosphérique (European Commission, 2005a)

Substances complémentaires

PCB

L'US EPA mentionne l'adsorption par charbon actif comme technique de traitement pour l'élimination des PCB. (EPA, 2000)

Remarque : le retour d'expérience d'ARCADIS indique l'adsorption fonctionne assez bien sur les molécules de grande taille, même si ces dernières sont polaires (p.ex. pesticides, PCB, ...)

PFOS & sels

Lors de tests réalisés aux USA et en Belgique, le charbon actif s'est révélé relativement efficace pour adsorber le PFO's et ses substances dérivées. Les systèmes mis en places ont permis la réduction des émissions vers l'eau de 40%. (INERIS, 2010)

Remarque : le retour d'expérience d'ARCADIS indique que seul le charbon actif peut retenir les molécules de type PFO's.

Dichlorvos

Un taux de performance de 99% peut être atteint pour le Dichlorvos pour un traitement par charbon actif en poudre (CWW, 2003).

Heptachlore

L'heptachlore est une molécule lipophile qui s'adsorbe fortement aux particules de sédiment. Un traitement par adsorption est possible.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

L'ensemble des sous-secteurs du déchet peuvent être concernés par la mise en place de la technique par adsorption. On retrouve essentiellement :

- 3.1 – Incinération de déchet dangereux : au niveau des effluents de lavage des fumées;
- 3.3 – UIOM : au niveau des effluents de lavage des fumées;
- 3.4 – Lavage de citernes : pour le traitement des effluents issus du lavage des citernes;
- 3.1 et 3.2 – Installation de stockages : en traitement secondaires après un traitement par voie biologique des lixiviats ;
- Le traitement par adsorption est également utilisé dans le traitement des eaux de ruissellement pouvant contenir des produits d'entretiens, maintenance, fuites...

Remarque : Pour l'incinération de déchets dangereux ou les UIOM le lavage de la chaudière à l'eau est ponctuel lors des arrêts techniques (1fois par an environ) et celui-ci peut se faire par voie sèche (sablage). Il n'y a donc pas de rejet aqueux. Le traitement par adsorption est davantage intéressant pour les rejets continus d'eau de lavage des fumées.

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Il est possible d'investir dans une installation de filtre à charbon mais souvent pour s'affranchir des contraintes liées à son suivi (essentiellement la régénération du matériau qui nécessite des opérations et du matériel spécifique, le remplacement du charbon actif) sa gestion est souvent confiée à un prestataire de service.

Le sous-traitant se chargera :

- du suivi plus régulier et plus rigoureux du fonctionnement et des performances des installations,
- des opérations de régénération du charbon saturé (enlèvement des cuves et leur remplacement, etc),
- la recharge de nouveau matériau en cas de dégradation de performances, etc.

Ceci peut poser la question des molécules qui se retrouvent chez le fabricant de CA ou chez la société qui les régénèrent.

Les fournisseurs d'installations proposent des tailles standards de filtres à charbon qui peuvent traiter différentes gammes de débits. Il est possible donc de mettre en place une installation modulaire adaptée au débit à traiter, en respectant le temps de contact et la vitesse de filtration.

Le coût de la prestation dépend de la quantité de charbon mise en œuvre.

Poste	Investissement en cas d'achat (k€) Hors GC	Dans le cas de sous – traitance (€)
1 à 10 m3/h	10 -20 + 2 €/kg de charbon actif	500 -800 €/mois + 2,2 €/kg de charbon actif
10 à 20 m3/h	20 – 40 + 2 €/kg de charbon actif	800 – 1000 €/mois + 2 €/kg de charbon actif
20 à 60 m3/h	40 – 60 + 2 €/kg de charbon actif	1000 – 1300 €/mois + 1,8 €/kg de charbon actif
Electricité instrumentation	5 -10	

Le prix de revient varient considérablement et sont déterminés par les seuils de rejet, le niveau de chargement et le volume. Le prix du carbone actif varie de 1,28 € / kg pour le charbon brun à 2,06 € / kg pour le charbon actif régénéré. Une moyenne de 0,1 € / kg est calculée pour l'élimination du carbone activé dans un site d'enfouissement et 0,5 € / kg pour l'élimination des déchets chimiques.

La technique est nettement plus chère si les concentrations sont élevées ou si le niveau de chargement du charbon actif est faible. La moyenne des coûts peut varier entre 0,05 et 4 € / m³ d'eau traitée. (EMIS, 2011)

Pour obtenir une technologie rentable (notamment dans le cadre du recyclage de l'eau), on couple le CAP à une membrane UF ou à d'autres techniques comme l'oxydation. Le charbon actif concurrence la nanofiltration d'un point de vue économique, et a supplanté l'oxydation à l'ozone. (Crini, et al., 2007)

BILAN DES AVANTAGES ET INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGE :

- Bonne espérance d'efficacité sur une large gamme de substances
- Complémentaire des traitements classiques préalables
- Bonne reproductibilité des essais laboratoire à l'échelle industrielle
- Nombreux types de charbon "technique" disponibles sur le marché
- Possibilité de régénérer plusieurs fois la même charge de charbon
- Souplesse de fonctionnement
- Adaptation facile en finition d'une filière existante (moyennant mise en place d'une protection par filtration pour éviter les colmatages)
- Un des procédés les moins onéreux parmi les procédés équivalents cités dans l'étude (peu d'équipements et d'instrumentation, simplicité du principe)
- Possibilités de location d'installations mobiles (ne serait-ce que pour valider la filière dans un premier temps)

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Régénération nécessaire : en général mise en œuvre par incinération (WT, 2006)
- La valeur du pH dans les eaux résiduaires à traiter peut être à augmenter afin d'accélérer les réactions et/ou d'améliorer les valeurs de charge (WT, 2006) : une attention particulière doit être portée à l'entartrage et colmatage des filtres
- Gestion des eaux de lavages (si régénération à l'eau et/ou acide)
- 2 unités en parallèle si la continuité de fonctionnement est nécessaire (1 en régénération, 1 en fonctionnement), ou utilisation de bonnes interchangeables
- Nécessité d'essais préalable en laboratoire (capacités d'adsorption, risques de relargage, CA le mieux adapté, estimation des coûts de fonctionnement)
- Le coût du charbon augmente avec sa "technicité"
- Non adapté au traitement des effluents chargés (saturation)
- Précautions à prendre au redémarrage après un arrêt prolongé (risques de relargage et fuite de CAG)
- Suivi analytique régulier pour anticiper les régénérations
- Performances très variables, fortement dépendantes des autres polluants présents - Efficacités supérieures à 50% dans les cas favorables
- Procédé non sélectif - Risque de coûts de régénération ou de renouvellement élevés en cas de fortes teneurs en polluants.

Le tableau suivant présente les rendements d'élimination pouvant être obtenus avec ce type de traitement : (CWW, 2003)

Substance	Élimination [%]	Capacité [mg/g]
Benzène	95	80
Éthylbenzène	84	19
Phénol	81	161

Attention toutefois ces rendements sont valables pour des effluents provenant de la chimie. En ce qui concerne le secteur du traitement des déchets, aucune information pertinente n'a été trouvée. Il conviendrait de se rapprocher des traiteurs des déchets afin de disposer de ce type d'information.

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

En ce qui concerne l'adsorption, de nouveaux matériaux, les bio-adsorbants ont attiré l'attention de nombreux chercheurs au cours des dernières décennies, mettant à profit une grande diversité de matériaux issus du vivant.

Parmi ces bio-adsorbants, les biomasses fongiques et les algues ont fait l'objet d'importantes études, qui ont mis en évidence la contribution de mécanismes actifs et/ou des mécanismes passifs, tels que l'adsorption des ions métalliques sur des sites de surface par complexation, échange d'ions.

De nombreux efforts et d'études ont ainsi porté sur l'extraction de biopolymères à partir de biomasses fongiques ou algales, telles que respectivement la chitine et le chitosane (biopolymère). (Crini, et al., 2007)

Le chitosane est un excellent exemple des possibilités offertes par les biopolymères (alginate, gélatine, etc.) en matière de récupération des ions métalliques :

- champ d'application : essentiellement le traitement d'effluents dilués
- coût faible par rapport à une utilisation de charbon actif
- variabilité de la ressource.

Les principales applications envisageables à court terme portent sur la récupération de métaux toxiques en traitement de finition pour de petites installations (débit faible à moyen) et pour le traitement de métaux valorisables. (Crini, et al., 2007)

Ces matériaux présentent néanmoins certains inconvénients tels que le manque d'uniformisation des procédures de production de celui-ci. Les propriétés (chélation, adsorption) dépendent des différentes sources de chitine (la qualité de la chitine commerciale n'est pas constante) ainsi que de différents autres paramètres. (in91, 2008)

Le chitosane est également utilisé comme agent coagulant et floculant dans le traitement des eaux usées pour réduire la quantité de sels d'aluminium. (SODIM, Février 2008)

Des études montrent la possibilité du recours à la sciure de bois ou écorce en vue du traitement des effluents impactés en métaux (J.-F. Fiset, 2000) : aucune information relative à l'application de ces techniques au secteur spécifique des déchets n'a été trouvée.

Impacts croisés

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS, il a été noté sur des sites utilisant du charbon actif des perturbations de l'efficacité lorsque les eaux étaient trop chargées en sels ou lorsque du fer en solution entraînait des phénomènes d'oxydation.

Les phases de nettoyages des filtres ont dû être ainsi augmentées en fréquences.

La régénération du CAG rejette des effluents gazeux qui contiennent les produits de la décomposition chimique et thermique des composés adsorbés. Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique environ 10 % d'adsorbant sont perdus et doivent être remplacés par du CAG neuf. Ce remplacement continu doit être tel que la qualité globale du CAG dans le lit soit constante.

Les effluents gazeux produits lors de la régénération doivent être traités sur le site chimique ou sur le site de la société en charge de la régénération.

Projet « AMPERES » (Choubert, et al., 2011)

Les rendements observés dans le cadre du projet AMPERES montrent que le charbon actif testé à l'échelle de pilote s'est révélée particulièrement performante pour éliminer les pesticides, mal éliminés par les procédés secondaires. Aucune amélioration de rendement n'a été observée pour les métaux pour le charbon actif.

	Filière tertiaire avancées - CA
Substance	rendement
Nonylphénols	Rendement R2 inférieur à 30%
atrazine	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
diuron	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
nickel	Rendement R2 inférieur à 30%
Plomb	Rendement R2 supérieur à 70%
simazine	Rendement R2 supérieur à 70%
ioproturon	Rendement R2 supérieur à 70%
tétrachloroéthylène	Rendement R2 inférieur à 30%
Zinc	Rendement R2 supérieur à 70%
Cuivre	Rendement R2 inférieur à 30%
Chrome	Rendement R2 supérieur à 70%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire Charbon actif (**Choubert, et al., 2011**)

Le zoom effectué sur les substances pharmaceutique a permis de mettre en évidence les rendements suivants :

	Filière tertiaire avancées - CA
Substance	rendement
Ethinylestradiol	Rendement R2 inférieur à 30%
Ibuprofène	Rendement R2 supérieur à 70%
Diclofénac	Rendement R2 supérieur à 70%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire avancés au Charbon actif (**Soulier, et al., 2011**)

L'adsorption du Dichlofenac dépend de l'acidité, de l'hydrophobicité et des interactions électrostatiques entre les molécules et les particules ou les organismes. (AMPERES)

EPA – CEC (charbon actif en grain)

Les données disponibles depuis la base de données sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern) compilée par l'EPA sont présentées ci-dessous (EPA, 2010).

Remarque : les taux d'enlèvement en parti présentés dans le rapport (EPA, 2010) sont issues de sources bibliographiques cataloguées par l'EPA sur des installations à échelle industrielle et sur des procédés à échelle pilote et laboratoire. Les données disponibles concernent des effluents provenant des matrices suivantes :

- Eau propre (distillée)
- Eau potable (source non spécifiée)
- Eau souterraine
- Eau usée industrielle
- Eau usée urbaine
- Eau d'origine agricole (fumier)
- Eau de surface
- Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire).

Les performances du charbon actif sur les substances dangereuses dépendent du type de requête formulé à la base de données :

Champs sélectionnés pour établir la requête

Type de rapport	Taux d'enlèvement pour l'unité de traitement choisie
Type de matrices	Toutes
Selected Treatment Technology	Charbon actif granulaire
Système	Industriel, laboratoire, pilote
Inclure les données récentes	oui

Les résultats disponibles sont les suivants

Matrice	Substance	Taux d'enlèvement (moyenne en %)	Systèmes comptabilisés
Eau usée urbaine	Estradiole	100	1
Eau de surface	Ibuprofène	96	1
Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire)	Ethinylestradiole	98	3

Tableau: Taux d'enlèvement moyen pour les substances dangereuses selon les conditions sélectionnées. (EPA, 2010)

Remarque ARCADIS: Les données disponibles depuis la base de données avaient porté dans un premier temps à une confusion possible en termes de compréhension. En effet rien n'indiquait précisément que les taux de performance étaient calculés sur le traitement considéré (exemple charbon actif, osmose inverse) ou s'ils étaient calculés sur la chaîne de traitement complète englobant le traitement considéré.

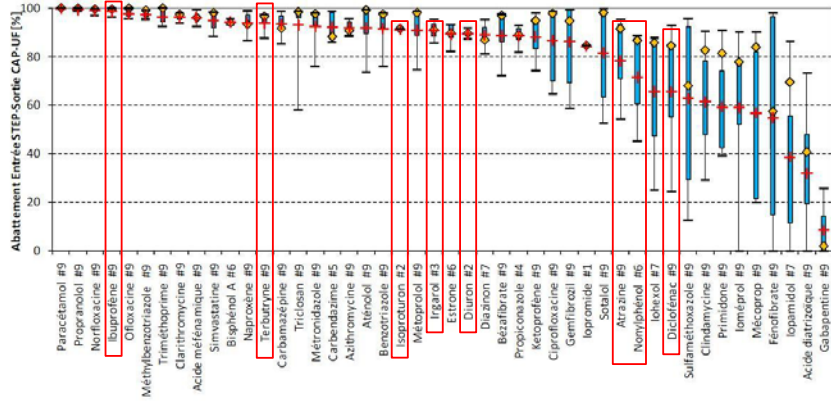
Une confirmation du support technique (Brian D'Amico Chemical Engineer, Office of Water United States Environmental Protection Agency) précise que le taux de performance renseigné pour ce type de requête concerne le taux de performance du traitement considéré.

Stratégie Micropoll

Les résultats concernant le projet « Stratégie Micropoll » et relatifs au traitement d'ozonation est présenté ci-dessous. Cet abattement est calculé entre l'entrée de la STEP et la sortie du traitement par charbon actif particulaire et ultrafiltration (CAP-UF) y compris l'effet du traitement biologique.

Les résultats doivent donc être comparés à ceux obtenus par lit fluidisé (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011).

CAP – UF



Abatement de 46 micropolluants détectés entre l'entrée de la STEP et la sortie de l'installation CAP-UF (y compris l'effet du traitement biologique) lors de 3 GC (9 analyses, dosage de CAP entre 10 et 20 mg/l). Le numéro (#) indique le nombre d'analyses pour la substance. Représentation avec les quartiles 25-75% (rectangle bleu), les valeurs minimum/maximum et la moyenne (+). Le losange orange (◊) représente la moyenne de la GC de mai, lors de laquelle le traitement CAP-UF était optimisé (20 mgCAP/l, 88% d'élimination sur les 46 substances). (L'abatement moyen des 46 micropolluants sur les 3 GC est de 82%)

Source : (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011). (GC : Grande campagne)

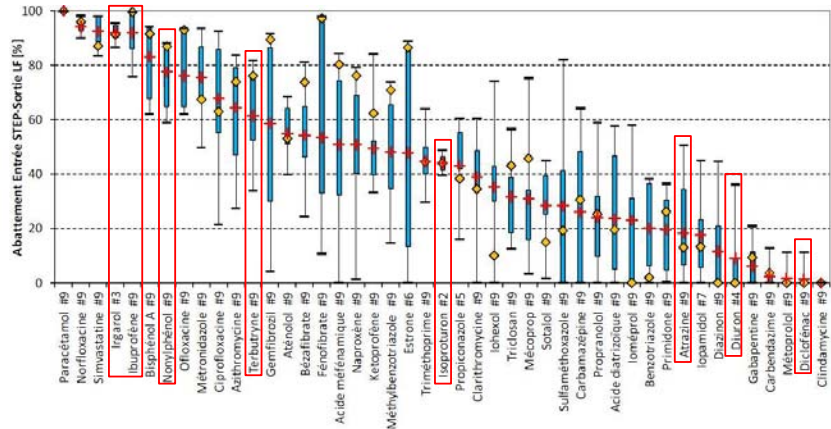
Le degré d'élimination est fortement amélioré en sortie du traitement CAP-UF comparé à l'effet du traitement biologique seul.

Les résultats disponibles concernant les substances à effet hormonales sont présentés ci-dessous :

Substances	Concentration moyenne en [ng/l] (GC de mai 2010)			
	LQ [ng/l]	Entrée STEP	Sortie LF	Sortie CAP-UF
17β-estradiole	0.5	13.5	1.3	<0.5
17α-éthynylestradiole	1.9	2.3	<1.9	<1.9

Le traitement par CAP-UF permet d'améliorer l'abatement du 17β-estradiole. La concentration en 17α-éthynylestradiole en sortie de lit fluidisé étant inférieure à la limite de quantification l'effet du traitement par CAP-UF n'est pas mesurable.

Lit fluidisé



Abatement de 45 micropolluants détectés entre l'entrée de la STEP et la sortie du lit fluidisé (nitrification partielle à totale) lors de 3 GC (9 analyses). Le numéro (#) indique le nombre d'analyses pour la substance. Représentation avec les quartiles 25-75% (rectangle bleu), les valeurs minimum/maximum et la moyenne (+). Le losange orange (◊) représente la moyenne de la GC d'octobre 2009 (bonne biologie avec une nitrification totale). (L'abatement moyen des 45 micropolluants sur les 3 GC est de 44%).

Source : (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011). (GC : Grande campagne)

Références

AMPERES [Article]. - <https://projetampere.comagref.fr/Documentation%20projet%20AMPERES..>

Boussahel R, Baudu M et Montiel A Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.

CEDRE 1,2-dichloroéthane Guide pratique [En ligne] // CEDRE (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux). - 2005. - Guide d'intervention chimique rédigé par le CEDRE avec le soutien financier d'ARKEMA et de TOTAL et le conseil technique d'ARKEMA.. - consulté en septembre 2011. - <http://www.cedre.fr/fr/publication/guides/chimique/dce.pdf>.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

Delgado Zambrano Luis Fernando et Albasi Claire Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2009. - RE141.

EMIS Adsorption Techniques [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - 2011. - <http://www.emis.vito.be/node/22733>.

EPA Granular Activated Carbon Absorption and Regeneration [En ligne] // Wastewater Technology Fact Sheet. - 2000.

EPA Methods for the determination of organic compounds in drinking water [Rapport]. - Cincinnati : [s.n.], 1989.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cccremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

EPA US Treatment technology in soil, waste, and water [En ligne]. - 2007. - <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.

Fabre B, Roth E et Heintz V Les isomères de l'hexachlorocyclohexane [Rapport]. - [s.l.] : ADEME, 2005.

in91 Techniques de l'Ingénieur - TI IN 91 [Rapport]. - 2008.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS 2,4,6-trichlorophénol [En ligne] // Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. - INERIS, 07 06 2005. - consulté en septembre 2011.

INERIS Arsenic et composés inorganiques : panorama des principaux émetteurs [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - <http://rsde.ineris.fr>.

INERIS Atrazine [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS DIURON [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS HAP [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Hexachlorocyclohexane [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Isoproturon [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS NICKEL ET PRINCIPAUX COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS NONYLPHENOLS ET ETHOXYLATES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Simazine [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Tétrachloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS Trichloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

J.-F. Fiset et al. Revue sur l'enlèvement des métaux sur les effluents par adsorption sur la sciure et les écorces de bois [Article] // REVUE DES SCIENCES DE L'EAU. - 2000.

Lenntech [En ligne]. - septembre 2011. - <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/adsorption.htm>.

Lykins et Clark [Ouvrage]. - 1994.

Montiel A et Welte B L'affinage de l'eau par filtration sur charbon actif en grains. Les contraintes imposées par cette étape de traitement [Article] // Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural. - 1999. - 9.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Service d'assainissement de La ville de Lausanne Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne) [En ligne] // Office fédéral de l'environnement OFEV / éd. Lausanne Ville de. - Janvier 2011. - 2012. - http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZLpZig7t,1np6i0NTU042I2Z6In1ae2Izn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGode tmqaN19Xl2ldvoaCVZ,s-.pdf. - UW-0917-F.

SODIM Évaluation d'un procédé de coagulation-floculation au chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles [Rapport]. - Février 2008.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

US EPA [Section]. - 1985, 2003b.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.

ECHANGEURS D'IONS

Peu d'informations spécifiques aux rejets des industries du secteur du déchet ont été trouvées pour le traitement des substances dangereuses par échange d'ions. Les données bibliographiques trouvées concernent principalement les eaux destinées à la consommation ou le traitement des eaux en STEP.

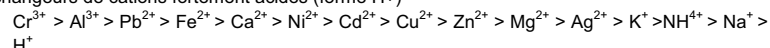
Les échangeurs d'ions sont des produits constitués d'un noyau totalement insoluble et chimiquement inerte et de certains radicaux ionisés appelé groupe fonctionnel. Ceux-ci portent simultanément, et en quantité égale, des charges négatives et positives, ces charges étant équilibrées respectivement par des cations et des anions mobiles capables de s'allier respectivement aux anions et aux cations d'un sel. (Koller, 2004)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Sous-secteurs dont les effluents contiennent des métaux ; Usines d'incinération ; Sous-secteurs traitant des déchets liquides issus des industries chimiques	Zinc Nickel Mercure Cadmium Chrome Cuivre Chrome Arsenic	Traitement aval généralement après un traitement physico-chimique ; Traitement de récupération ou concentration des métaux	Les composés inorganiques tels que les précipités de fer ou les composés organiques tels que les aromatiques peuvent provoquer une adsorption irréversible de la résine ; Limites thermiques des résines à anions aux alentours de 60 °C ; Une force ionique élevée peut provoquer le gonflement des particules de la résine ; L'acide nitrique, l'acide chromique, le peroxyde d'hydrogène, le fer, le manganèse et le cuivre peuvent endommager les résines ; Interférence des ions concurrents dans les eaux usées (présence importante de calcium et/ou magnésium après traitement physico-chimique) ; Les eaux acides et cyanurés doivent être séparées.

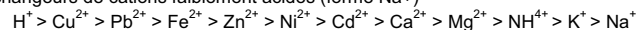
DESCRIPTIF

Les résines échangeuses d'ions sont des polyélectrolytes solides et insolubles se présentant sous forme de billes ou de poudre. Elles ont pour caractéristiques de pouvoir échanger leurs ions mobiles avec des ions de même charge, par l'intermédiaire d'un milieu, généralement l'eau, dans lequel les ions échangeables sont dissous. Elles se caractérisent par la capacité d'échange exprimée en équivalent par litre de résine. Cette capacité d'échange se sature progressivement avec le passage de l'effluent à traiter à travers la résine (mise en œuvre sous forme de média filtrant). Un cycle de régénération est donc nécessaire pour rétablir la capacité initiale. Les eaux de régénération (acides ou basiques) sont éliminées en centre de traitement. Il existe plusieurs types de résines échangeuses d'ion en fonction de leur utilisation et de l'élément à séparer. Les résines échangeuses d'ions sont, dans certaines conditions, capables de fixer sélectivement un ou plusieurs ions selon leur affinité.

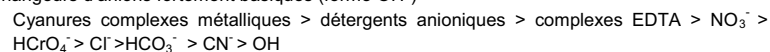
Echangeurs de cations fortement acides (forme H⁺)



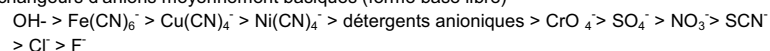
Echangeurs de cations faiblement acides (forme Na⁺)



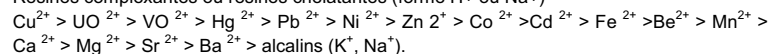
Echangeurs d'anions fortement basiques (forme OH⁻)



Echangeurs d'anions moyennement basiques (forme base libre)

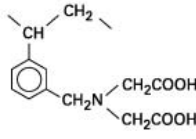
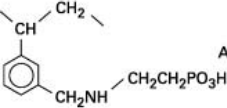
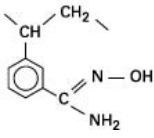


• Résines complexantes ou résines chélatantes (forme H⁺ ou Na⁺)



Les échangeurs d'ions principalement utilisés dans le traitement des eaux chargés en métaux sont les résines complexantes ou chélatantes. En utilisant des techniques de polymérisation et d'activation, il est possible de greffer sur un polymère donné une grande variété de groupes fonctionnels, et plus particulièrement ceux permettant la fixation sélective des métaux (de Dardel, 1998).

Les groupes iminodiacétique, aminophosphonique et amidoxime forment avec les métaux des complexes dont la stabilité dépend notamment du pH de la solution. En faisant varier celui-ci, il est donc possible de fixer sélectivement certains métaux. Les résines ainsi créées sont appelées résines chélatantes ou complexantes.

Groupe actif	Nom chimique	Exemple
	Iminodiacétique	Lewatit TP 207
	Aminophosphonique	Duolite C 467
	Amidoxime	Duolite ES 346

Principaux groupes actifs permettant la fixation sélective des métaux. Source (de Dardel, 1998)

Les résines complexantes ou chélatantes ont l'avantage de fixer en priorité les métaux ou groupement bivalents avec une très faible affinité pour le calcium.

Un cycle complet d'installation échangeuse d'ions comporte 4 opérations (Koller, 2004) :

- Production ;
- Soulèvement du lit, séparation puis décantation ;
- Régénération de la résine ;
- Brassage de la résine puis rinçage final ;

Les résines complexantes sont régénérées par de l'acide chlorhydrique ou sulfurique, puis conditionnées à la soude, de manière à limiter l'abaissement du pH de la solution ainsi traitée (DLK Technologies).

La saturation de la résine est atteinte au moment où la quantité d'ions fixés atteint la capacité utile de la résine. Cette capacité utile correspond au point de percement où la fuite atteint la valeur limite préalablement fixée.

Le soulèvement correspond au fait de détacher la résine par un courant d'eau qui permet d'éliminer les particules déposées à la surface du lit. Le lit est ensuite décanté.

L'étape de régénération est effectuée à l'aide d'une solution très concentrée et de volume faible, au cours de laquelle la résine est rechargée avec les ions correspondant et les ions indésirables sont rejetés dans la solution de régénération.

Le rinçage consiste à déplacer le régénérant par de l'eau à faible débit, jusqu'à ce que le lit de la résine n'en contienne plus de traces. Puis un rinçage rapide permet d'éliminer du lit de la résine les traces restantes de la solution de régénération.

Les résines échangeuses d'ions peuvent être utilisées dans différentes activités industrielles (notamment en traitement de surface) pour les applications suivantes :

production d'eau déminéralisée,
recyclage des rinçages,
traitement de finition avant rejet,
maintien de la qualité d'un bain de traitement.

Les résines synthétiques sont des édifices macromoléculaires formés par la polymérisation de certaines substances. L'ensemble forme un squelette sur lequel on peut procéder à la réticulation de groupes chimiques, puis greffer des molécules fonctionnelles diverses.

Les résines sont généralement définies par les propriétés suivantes :

- le taux de réticulation (par exemple le taux de DVB dans une résine polystyrène sulfoniques) ;
- la porosité du squelette qui correspond à l'existence de canaux, de pores de tailles définies variables suivant leur type ;
- la stabilité et longévité (qualité du squelette à rester stable durablement, en gardant sa capacité d'échange) ;
- la densité, la granulométrie ;
- la rétention d'humidité qui influe sur le gonflement de la résine lorsqu'elle est immergée ;
- la sélectivité qui distingue les résines en fonction de leur propension à fixer certains ions ;
- la capacité d'échange (quantité d'ions que peut fixer une masse ou un volume donné) ;
- la perte de charge, (la perte d'énergie en m d'eau/m de résine par passage au travers du lit) ;
- l'expansion.

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement d'une résine est réalisé en fonction de sa capacité d'échange exprimé en équivalent par litre de résine. L'équivalent est le quotient de la masse molaire de l'ion concerné par le nombre de charge qu'il porte (exemple : 1 Eq Zn 2+ = 65 / 2 soit 32,5 g de Zinc).

Le dimensionnement des échangeurs d'ions demande une bonne connaissance de l'effluent à traiter. Il faut tenir compte des paramètres suivants :

Régulation de la charge et de du débit,
Type d'effluent,
Type de résine,
Volume de résine,
Chainage,
Régénération sur site ou en extérieur,
Résines jetables.
Frais d'exploitation,
Volume d'éluât produit.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Le traitement sur résine peut être appliqué dans beaucoup de secteurs d'activité engendrant des effluents plus ou moins chargés en métaux. Pour éviter une saturation rapide des résines et réduire les fréquences de régénération ou le changement de la résine (cas des résines spécifiques Hg), ce traitement concerne essentiellement des rejets plutôt peu chargés (eaux de rinçage, etc...). Dans les

autres cas les échangeurs d'ions ne pourront être mis en œuvre qu'après un traitement permettant d'éliminer la majeure partie des polluants présents. Par contre, les échangeurs d'ions permettent d'atteindre des concentrations très faibles compatibles avec les objectifs fixés.

Ce traitement peut concerner les sous-secteurs dont les eaux contiennent des métaux. Des applications existent dans les UIOM.

Les usines d'incinération utilisent également les échangeurs d'ions pour traiter les produits sodiques résiduels (PSR) issus du traitement des résidus des systèmes de traitement des fumées sec utilisant du bicarbonate de soude. Les PSR passent à travers un filtre à sable et dans une colonne garnie de charbon actif qui absorbe tout composé organique présent. Puis, les dernières traces de métaux lourds sont éliminées à l'aide de deux colonnes de résine à échange d'ions de façon à obtenir une qualité suffisante pour être utilisée dans un processus industriel de fabrication de carbonate de soude. (WI, Août 2006)(REX industriel).

SUBSTANCES CONCERNÉES

L'échange d'ions est employé pour éliminer les espèces ioniques et ionisables des eaux usées (CWW, Février 2003) :

- les ions de métaux lourds, cationiques ou anioniques, par exemple Cr³⁺ ou le cadmium et ses composés avec des concentrations d'alimentation faibles, et CrO₄²⁻ avec des concentrations d'alimentation élevées ;
- les composés organiques solubles ioniques ou ionisables. Les acides carboxyliques, les acides sulfoniques, certains phénols, les amines sous forme de sel acide, les amines quaternaires, les alkylsulfates et le mercure organique, peuvent notamment être éliminés.

Les échangeurs d'ions sont également utilisés pour traiter les déchets liquides issus de l'industrie chimique.

Les groupes de matières inappropriées pour les échangeurs d'ions sont : les composés organiques car ils risquent d'obstruer de manière irréversible les résines de l'échangeur ou car leur élimination peut être incomplète ; les agents d'oxydation forts, car ils risquent d'endommager les résines échangeuses d'ions ; les complexes métalliques cyanurés, car les échangeurs anioniques de type base forte endommagent les résines ; les hydrocarbures aromatiques et halogénés, car ils font parfois gonfler les résines échangeuses et provoquent ainsi des interruptions des échangeurs. (WT, 2006)

Les résines échangeuse d'ions peuvent donc être efficaces pour piéger plusieurs métaux et notamment ceux qui sont concernés par l'étude :

Cadmium
Chrome
Cuivre
Mercure,
Nickel,
Zinc

Arsenic (INERIS, 2008)

Selon le site internet de l'inspection des installations classées, les résines échangeuses d'ions peuvent être utilisées dans le cas du traitement avant émission de l'arsenic dans l'eau.

Chrome (INERIS, 2010)

La technique de traitement par résine échangeuse d'ions est citée comme MTD pour le traitement du Cr^{III}, Cr total et Cr^{VI} dans le cadre de la réduction des rejets dans le secteur du traitement de surface.

Cuivre (INERIS, 2010)

La technique d'échange ionique sur résine concentre le métal dans la résine. Le métal est ensuite récupéré par libération du métal sous forme dissoute ou par incinération de la résine (le cuivre est alors contenu dans les cendres résiduelles). Cette technique permet de réaliser des solutions concentrées en cuivre avec un rendement de plus de 95 %.

Cette technique est particulièrement rentable pour les métaux à forte valeur ajoutée dont les coûts de traitement sont élevés (Commission européenne, 2006).

Mercuré (INERIS, 2008)

L'usage de ce type de matériel permet une bonne capacité d'adsorption (même présence d'huiles, solvants, oxydants), une adsorption de tous les métaux lourds. Ce type de matériel peut être utilisé pour limiter les rejets des incinérateurs (IPPC, 2005). Cependant, cette technique semble peu utilisée du fait de son coût économique important. Note fiabilité : 3

Cette technique de traitement est peu utilisée dans le secteur de l'incinération des déchets.

Selon (EPA, 1997), les performances suivantes peuvent être atteintes dans le cadre du traitement de l'eau potable par résines échangeuses d'ions.

Echangeur d'ions	Concentration en mercure (valeur moyenne en µg/l)		Traitement additionnel	Référence
	Initial	final		
Ionac SR-4	14,88"	0.43"	Préfiltration	Sites and Oveholtzer, 1992
Purolite s-920	10,67"	0.34"	Préfiltration	Sites and Oveholtzer, 1992

Tableau : Performance des résines échangeuses d'ions chélatantes dans le traitement du mercure dans les eaux potables. (EPA, 1997)

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Le dimensionnement d'une installation de traitement sur résines échangeuse d'ion dépend des composées à éliminer et aux flux à traiter.

Pour les petites entreprises rejetant des volumes journalier < 10 m³/j, l'installation est souvent gérée par un sous-traitant qui assure la mise à disposition des équipements, de leur suivi et de la régénération des résines,

Pour des entreprises rejetant des volumes plus importants, l'investissement peut être engagé pour la mise en place une installation (achat des équipements et gestion sur site).

Débit à traiter	Investissement (k€) Hors bâtiment
< 1 m ³ /h	15 – 30 (sous traitance) + régénération 4€/l et par régénération
1-10 m ³ /h	50 -150
10 à 20 m ³ /h	150-250
20 à 40 m ³ /h	250 -400
40 à 60 m ³ /h	400 -600

Les fournisseurs d'installations proposent des tailles standards de filtres à résine qui peuvent traiter différentes gammes de débits. Il est possible donc de mettre en place une installation modulaire adaptée au débit à traiter.

Le coût d'investissement pour une installation utilisant un traitement par résines échangeuse d'ions est calculé en fonction des coûts lié à la plomberie d'une part, et les coûts de lié à la résine, d'autre part.

Les coûts d'exploitation sont déterminés par les concentrations en ions dans le flux à traiter. Plus cette concentration est forte, plus la résine devra être nettoyée. (EMIS)

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGE :

- Procédé bien maîtrisé pour un polluant ionisé donné (métaux principalement), en finition d'un traitement de base (physico-chimique par exemple) ou en traitement principal pour les teneurs modérées (< 100 mg/l pour les métaux et selon le débit) ;
- Possibilité d'avoir un conditionnement spécifique de la résine pour les effluents ayant subi un traitement physico-chimique à la chaux ;
- Bonne reproductibilité des essais laboratoire à l'échelle industrielle ;
- Média régénérable sur site ou en extérieur pour les petites quantités (bonbonnes) ;
- Procédé sélectif -Possibilité d'extraire et de concentrer un polluant donné, pour réutilisation matière éventuelle et recyclage de l'eau traitée : dans ce cas rejet "zéro" envisageable ce qui est un atout important vu les concentrations résiduelles visées sur les substances dangereuses concernées.

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Limité aux substances ionisées (métaux principalement) - Risque de compétition avec d'autres sels dans le cas d'effluents très salins notamment calcium/magnésium (industrie chimique par exemple ou équilibrage);
- Sensible aux pollutions parasites (filtration préalable indispensable, protection des résines contre les "poisons" (chlore par exemple), par du charbon actif par exemple) ;
- Risques de pollution irréversible des résines - Eviter les effluents variables en qualité – Interruption lors des régénérations des résines - Prévoir 2 unités en parallèle (généralement en série pour éviter les fuites de métaux résiduels) si nécessaire, ou un stockage tampon ;
- Saturation des résines tous métaux par le mercure, ce qui fait entraîne une perte d'efficacité (résine mercure non régénérable précède toujours une résine tous métaux) ;
- Stockage de réactifs dangereux pour les régénérations (acides, bases) ;
- Production d'eaux de lavages à évacuer comme déchet liquide ou à retraiter (sur une filière physico-chimique existante en amont par exemple).

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Les échangeurs d'ions sont principalement utilisés pour les métaux lourds et généralement après un traitement physico-chimique.

Selon le retour d'expérience ARCADIS l'un des principaux problèmes réside dans le fait que les teneurs en calcium sont plus importantes que les teneurs en métaux d'où une compétition. Les échangeurs d'ions ont tendance à capter en premier lieu les Ca²⁺ avant de capter les métaux lourds très spécifiques.

L'une des solutions consiste à utiliser des résines chélatante ou des échangeurs d'ions spécifiques pour un métal lourd donné qui ne fixent pas le fer et le calcium et donc neaturent pas trop vite.

Ces échangeurs d'ions spécifiques ont des géométries spatiales particulières qui permettent de capter les métaux lourds qui sont sous forme Me2+

Ces solutions de résines d'échangeuses d'ions spécifiques peuvent s'avérer efficaces si le système de régénération des résines est prévu dans l'ensemble du process (cf. les installations intégrant différentes activités au même endroit.

EPA – CEC (échangeur d'ions)

Les données disponibles depuis la base de données sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern) compilée par l'EPA sont présentées ci-dessous (EPA, 2010).

Remarque : les taux d'enlèvement en parti présentés dans le rapport (EPA, 2010) sont issues de sources bibliographiques cataloguées par l'EPA sur des installations à échelle industrielle et sur des procédés à échelle pilote et laboratoire. Les données disponibles concernent des effluents provenant des matrices suivantes :

- Eau propre (distillée)
- Eau potable (source non spécifiée)
- Eau souterraine
- Eau usée industrielle
- Eau usée urbaine
- Eau d'origine agricole (fumier)
- Eau de surface
- Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire).

Les performances du traitement par échange d'ion sur les substances dangereuses dépendent du type de requête formulé à la base de données :

Champs sélectionnés pour établir la requête

Type de rapport	Taux d'enlèvement pour l'unité de traitement choisie
Type de matrices	Toutes
Selected Treatment Technology	Echangeur d'ions
Système	Industriel, laboratoire, pilote
Inclure les données récentes	oui

Les résultats disponibles sont les suivants

Matrice	Substance	Taux d'enlèvement (moyenne en %)	Systèmes comptabilisés
Eau de surface	Atrazine	1	9
	Diclofenac	85	9
	Estradiole	26	9
	Ethinylestradiole	38	9
	Ibuprofene	35	9
	γ-hexachlorocyclohexane	22	9

Tableau: Taux d'enlèvement moyen pour les substances dangereuses selon les conditions sélectionnées. (EPA, 2010)

Remarque ARCADIS: Les données disponibles depuis la base de données avaient porté dans un premier temps à une confusion possible en termes de compréhension. En effet rien n'indiquait précisément que les taux de performance étaient calculés sur le traitement considéré (exemple charbon actif, osmose inverse) ou s'ils étaient calculés sur la chaîne de traitement complète englobant le traitement considéré.

Une confirmation du support technique (Brian D'Amico Chemical Engineer, Office of Water United States Environmental Protection Agency) précise que le taux de performance renseigné pour ce type de requête concerne le taux de performance du traitement considéré.

REFERENCES

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

de Dardel François Echange d'ions - technologies d'applications [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 1998. - Vol. j2784.

DLK Technologies Résines [En ligne] // DLK Technologies pour le traitement des eaux. - 2012. - <http://www.dlk.ch/index.php?/Traitement-des-eaux-residuaires/resines.html>.

EMIS Ion exchange [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - <http://www.emis.vito.be/node/22732>.

EPA Aqueous Mercury Treatment [Rapport]. - 1997.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

INERIS Arsenic et composés inorganiques : panorama des principaux émetteurs [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - <http://rsde.ineris.fr>.

INERIS CHROME ET SES COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industriels [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

WI BREF Incinération des déchets [Rapport]. - Août 2006.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.

ELECTRODIALYSE

Aucune information spécifique aux rejets des industries du secteur du déchet n'a été trouvée pour le traitement par électrodialyse.

L'électrodialyse est un procédé membranaire électrochimique d'échange d'ions (technique électro-membranaire), qui permet de transférer sélectivement des ions grâce à des membranes échangeuses d'ions. Le principe est fondé sur la migration d'ions au contact d'une membrane qui leur est perméable sous l'action d'un champ électrique (un gradient de potentiel électrique).

On peut coupler l'électrodialyse à une étape d'électrolyse avec séparation par membrane échangeuse d'ions (on parle d'électrodialyse). Ce procédé mixte permet à la fois de concentrer les ions, par la membrane sélective et d'éliminer les molécules, grâce aux réactions d'oxydo-réduction. (Crini, et al., 2007)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Aucun sous secteur du déchet ne semble concerné par cette technique	Plomb Cadmium Chrome Nickel Dichlofénac Ethinylestradiol Ibuprofène	Séparation d'ions ; Finition.	Les MES et la diversité des polluants peuvent interférer sur l'efficacité du traitement

DESCRIPTIF

Cette extraction est réalisée par migration au travers de membranes échangeuses d'ions soumises à un champ électrique continu.

Le terme dialyse désigne la diffusion d'un soluté à travers une membrane qui lui est perméable. L'électrodialyse désigne le transfert d'ions à travers un empilement de membranes sous l'effet d'un champ électrique.

La migration des ions à travers la membrane dépend de plusieurs paramètres :

- la taille et la charge des ions,
- leur encombrement,
- leur concentration dans le milieu réactionnel,
- la température du milieu réactionnel (l'eau).

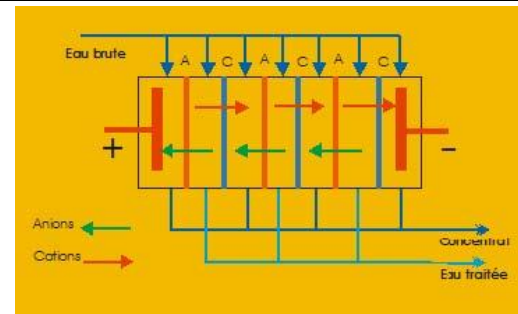
Ainsi les nitrates, les chlorures et les ions monovalents sont très bien éliminés alors que les sulfates passent difficilement.

Une installation d'électrolyse est constituée d'un empilement de membranes alternativement anioniques et cationiques.

Un électrodialyseur fonctionne de la manière suivante : deux compartiments (1) et (2) sont séparés par des membranes alternativement anioniques et cationiques.

Comme leur nom l'indique, sous l'action d'un champ électrique, les premières ne se laissent franchir que par des anions, les secondes par des cations.

Schéma de principe de l'électrodialyse :



Les cations migrent dans le sens du courant électrique en traversant les membranes cationiques (C) et en étant bloqués par les membranes anioniques (A). Les anions migrent dans le sens inverse du courant électrique suivant un principe opposé. En conséquence, des compartiments s'appauvrissent en sel dissous (dilution) pendant que les autres s'enrichissent en sels dissous (concentration).

Un électrodialyseur est constitué d'un grand nombre de compartiments alimentés en série du point de vue électrique, et en série ou en parallèle du point de vue hydraulique. Un compartiment sur deux est en dilution, un sur deux en concentration. Aux deux extrémités de l'appareil, se trouvent les électrodes, qui permettent le passage du courant électrique. Les membranes délimitant les compartiments sont alternativement anioniques et cationiques. Plusieurs étages peuvent se succéder pour pousser d'avantage la désionisation.

Les concentrations des substances dissoutes non ionisées ou des matières en suspension sont peu modifiées (en fait, légèrement augmentées). Ces substances sont généralement considérées comme indésirables vis-à-vis du procédé (nécessité d'une filtration préalable, voire d'un traitement physico-chimique).

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement est lié à la capacité moyenne d'épuration (g/h). Ce paramètre qui caractérise les performances de l'installation dépend de plusieurs paramètres :

- l'électrolyte,
- la mobilité des ions,
- les électrodes,
- la durée du traitement,
- la nature et la surface active des empilements des membranes,

La capacité d'épurer est aussi exprimée en g/h/m².

Le dimensionnement est souvent déterminé par des essais sur les effluents concernés.

SUBSTANCES CONCERNÉES

Les principales applications de l'électrodialyse consistent en la concentration, la dilution voire l'épuisement ionique de solutions.

L'électrodialyse est employée soit en déminéralisation (dessalement), soit en concentration ionique de solutions ionisées. En galvanoplastie, elle sert au traitement d'effluents (eau de rinçage) afin d'enrichir, en les concentrant, les bains de dépôt et de les recycler.

On trouve ainsi des applications :

- en dessalement d'eau de mer (concurrencée par l'osmose inverse car moins adaptée aux fortes salinités),

- dans l'industrie agro-alimentaire pour traiter les coproduits : pour désacidification des jus de fruits et les vins, la purification des mélasses de sucrerie, le dessalement de lactosérum,
- dans de nombreux procédés (pour contribuer au recyclage d'effluent de tannerie par exemple),
- en traitement de surface : traitement de bains acides, eaux de rinçage contenant des métaux lourds et toxiques,

Dans le cadre de l'étude, ce traitement peut concerner (RMC, 2010)

- le plomb,
- le cadmium,
- le chrome.

Composés minéraux

L'électrolyse est utilisée pour la régénération du Cr(III) en Cr(IV). L'électrolyse est une méthode de concentration utilisée en galvanoplastie pour traiter les bains de dépôts, qui une fois concentrés et enrichis peuvent être réutilisés. Ce procédé est également utilisé pour traiter les effluents (de l'industrie laitière ...) afin de donner des produits à haute valeur ajoutée comme la production d'acide ou de base à partir d'un sel, de chlore ou de chloro-alcalins. (Crini, et al., 2007)

Parmi les techniques les plus utilisées pour la récupération de nickel, on trouve la technique d'osmose inverse et l'électrolyse. La combinaison d'une de ces techniques avec les techniques classique de récupération du Nickel (Nickelage/chromage électrolytique, Nickelage électrolytique avec d'autres couches de finition, Nickelage électrolytique, Système de nickelage électrolytique composite, Dépôt électrolytique d'un alliage de nickel, Electroformage de nickel, Revêtement auto catalytique au nickel) permet d'obtenir le circuit fermé et d'augmenter le taux de récupération des matières premières. (INERIS, 2010)

Substances complémentaires

Des recherches sur de nouvelles solutions de protection des eaux ont récemment donné lieu à des innovations qui ouvrent des perspectives en matière de collecte et de traitement des urines dans les eaux usées. Dans le cadre du développement de « toilettes écologiques », une équipe a testé sur des urines, différentes techniques de traitements tels que la nanofiltration ou l'électrolyse. Le déplacement de plusieurs micropolluants a été examiné dans des expériences d'électrolyse en continu.

Il ressort de cette étude que l'Ethinylestradiol a entièrement été enlevé et ce pendant toute la période d'exploitation. Le diclofénac et l'ibuprofène ont été initialement retenus mais des percées importantes sont survenues après des temps de fonctionnement long. (Wouter, et al., 2006)

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Ce procédé pourrait concerner les secteurs d'activité susceptibles de rejeter des effluents contenant des métaux :

- Industrie de traitement et de revêtement de surface,
- Fabrication d'accumulateur et de piles,
- Production et transformation de métaux non ferreux,
- Tout secteur d'activité susceptible de rejeter des métaux dans ses effluents.

Toutefois, cette technique nécessite un pré-traitement très poussé et ne pourrait en tout état de cause, être mise en œuvre que dans des cas très particuliers. Bien que l'électrolyse mérite d'être citée dans le panel de techniques disponibles et bien qu'elle soit citée dans la bibliographie, nous l'écartons de notre étude.

D'après le retour d'expérience d'ARCADIS cette technique n'est pas adaptée pour le secteur du déchet.

Selon un rapport de l'INERIS relatif à l'apport des MTD pour respecter les objectifs de réduction des rejets de substances dangereuses dans le milieu aquatique, étude de cas appliquée au traitement de surface, l'électrolyse n'a été rencontrée dans aucun des sites visités. (INERIS, 2010)

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

La bibliographie existante ne permet pas d'évaluer le coût de cette technique pour le traitement des effluents provenant des secteurs du déchet.

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1ère approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGE :

- Procédé bien maîtrisé pour un polluant ionisé donné (métaux principalement)
- A priori, réalisation plutôt onéreuse
- Intérêt économique dans le cas d'une valorisation de la matière concentrée et/ou du recyclage de l'eau traitée
- Si la pollution parasite (organique dissoute notamment) est limitée, possibilité d'extraire et de concentrer la pollution ionisée, pour recyclage de l'eau traitée : dans ce cas rejet "zéro" envisageable ce qui est un atout important vu les concentrations résiduelles visées sur les substances dangereuses concernées

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Technique relativement jeune dans le traitement des effluents aqueux industriels
- Technique séparative réservée aux espèces ionisées
- Production d'un concentrat et d'effluents de lavages à retraiter ou à évacuer comme déchet liquide
- Pollution parasite peu tolérée (MES, poisons des membranes, substances dissoutes non ionisées)
- Nécessité d'une étape préalable de filtration
- Tests sur pilotes recommandés pour des effluents atypiques

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS, il s'agit d'une technique membranaire qui ne fonctionne jamais de façon indépendante et qui est principalement utilisé dans le traitement de surface des métaux.

La problématique relative à l'électrolyse est que pour 1m³ d'effluent pollué, cela produit 1m³ d'eau propre et 1m³ d'eau polluée qui peut être réutiliser dans le procédé (jusqu'à ce que la concentration sont trop forte par rapport à l'effluent à traiter). En clair, ce traitement consiste à déplacer certains polluants dans un autre milieu mais ne permet pas une élimination de la problématique.

Cette technique est souvent utilisée lorsque le but est de récupérer le produit initial. Ceci explique

pourquoi elle est utilisée dans le secteur de la chimie pour séparer les produits synthétisés des produits parasites des réactions.

D'après le retour d'expérience d'ARCADIS cette technique n'est pas adaptée pour le secteur du déchet.

REFERENCES

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

INERIS Apport des MTD pour respecter les objectifs de réduction des rejets de substances dangereuses dans le milieu aquatique - Etude de cas appliquée au traitement de surface [Rapport]. - 2010.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Wouter Pronk, Martin Biebow et Markus Boller Electrodialysis for Recovering Salts from a Urine Solution Containing Micropollutants [Article] // Environmental Science and Technology. - 2006. - 7 : Vol. 40.

EVAPOCONCENTRATION - EVAPOCONDENSATION

Aucune information spécifique aux rejets des industries du secteur du déchet n'a été trouvée pour le traitement des substances dangereuses par evapoconcentration-évapocondensation.

Les données disponibles concernent les polluants classiquement recherchés dans les effluents liquides et sont principalement issues des secteurs liés au stockage et/ou au traitement des déchets dangereux.

L'évapo-concentration est principalement utilisée pour concentrer une solution aqueuse. L'apport de chaleur au moyen d'un échangeur de chaleur provoque l'ébullition de cette solution. La vapeur générée est évacuée puis condensée. L'eau ou le solvant est le constituant qui est vaporisé. Le concentrât ou le soluté est le constituant qui se concentre dans la solution. En fonction de la nature et de la quantité de salinité de la solution à concentrer, l'enrichissement du concentrât peut conduire à dépasser la limite de saturation et provoquer l'apparition d'une phase solide cristallisée : il s'agit alors d'une étape de cristallisation.

Plus théoriquement, l'évapo-concentration, est une opération unitaire de séparation de deux constituants liquides par passage d'un de ces composants de l'état liquide à l'état de vapeur (ADEME, 2006).

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Essentiellement les sous-secteurs suivants : 3.1 : Traitement de déchets dangereux, Installation de stockage de déchets dangereux ; 3.2 : ISDND ; 3.3 : UIOM.	Toutes les substances qui ont une température d'ébullition supérieure à celle de l'eau. Substances inadaptées : azéotropes de l'eau tels que les alcools et les phénols qui distillent avec l'eau	Traitement dont l'objectif est de concentrer les polluants, réduire les volumes à évacuer, récupérer une substance ; Généralement traitement de finition.	Les substances moussantes et les particules en suspension et colloïdales perturbent le procédé d'évapo-concentration ; les substances organiques/inorganiques volatiles s'évaporent aussi.

DESCRIPTIF

Le principe de l'évapo-concentration consiste à porter à ébullition l'effluent pour évaporer l'eau et concentrer les produits qui ont une température d'ébullition supérieure à celle de l'eau. Il s'effectue une séparation entre le concentrât (produit concentré) et le condensat (produit dilué). Selon le type de problématique, il peut être recherché la valorisation du concentrât ou du distillat, rarement les deux. (APESA, 2007)

La température d'ébullition peut être modifiée par ajustement de la pression, en fonction des effluents à traiter. Elle varie en général de 20°C jusqu'à 100-110°C.

La consommation d'énergie nécessaire à l'évaporation de l'effluent est significative puisqu'il se produit un changement de phase liquide-vapeur. La plupart du temps, les appareillages sont, pour cette raison, équipés de dispositifs permettant d'économiser de l'énergie : pompe à chaleur (PAC), compresseur de vapeur ou sont de types multiples effets.

Concentration par évaporation avec Pompe A Chaleur (PAC)

Les évaporateurs sous vide avec pompe à chaleur ont été développés pour que le traitement soit effectué à des températures basses, de l'ordre de 35 à 40°C.

Un bon compromis taille/consommation énergétique a consisté à adapter une pompe à chaleur sur les évaporateurs fonctionnant sous vide. (APESA, 2007)

Le circuit frigorifique de la pompe à chaleur apporte les calories nécessaires à l'évaporation de l'effluent et les frigories nécessaires à la condensation du distillat.

Principe

Un fluide caloporteur circule dans un circuit fermé. Au niveau du bouilleur, ce fluide, sous forme vapeur, est condensé en cédant son énergie qui est utilisée pour chauffer et évaporer la solution. Le fluide, sous forme liquide, est ensuite refroidi au niveau d'un évaporateur, puis passe dans un échangeur à double enveloppe dans lequel il est vaporisé par l'énergie cédée par la vapeur de la solution à concentrer. La vapeur du fluide caloporteur est ensuite compressée pour augmenter sa température (Vidonne, 2009).

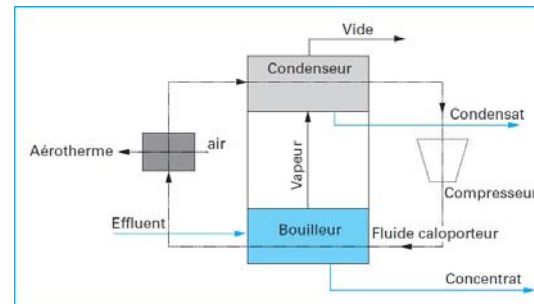


Figure : Evaporateur avec récupération d'énergie par pompe à chaleur (Vidonne, 2009).

Un moteur électrique fait normalement fonctionner la pompe, mais pour les grandes installations des compresseurs à turbine à vapeur peuvent être utilisés.

Cette solution est intéressante pour les faibles capacités car le volume spécifique des buées devient très important à basse température, ce qui augmente la taille des équipements

Consommation énergétique (APESA, 2007)

La consommation énergétique spécifique est comprise entre 150 et 250 kWh/t d'eau évaporée. Bien que trois fois inférieure à celle du chauffage direct, la consommation énergétique de ces appareils reste relativement élevée par rapport à la compression mécanique de vapeur (CMV).

Débit (APESA, 2007)

La capacité épuratoire d'un concentrateur équipé de PAC est comprise entre 6 L/h et 4000 L/h. Cependant, en général, ces systèmes sont réservés aux utilisations dont les performances ne dépassent pas 500 L/h.

Avantage (APESA, 2007) :

- Circuits produit et fluide frigorigène dissociés ;
- Traitement de produits corrosifs ;
- Température d'ébullition de l'ordre de 30 à 40°C ;
- Technique adaptée au traitement de produits thermosensibles.

Limite :

- Consommation énergétique supérieure à celle d'une CMV
- Gamme aujourd'hui limitée à 4 tonne/heure.

Concentration par évaporation avec Compression Mécanique de

Vapeur (CMV)

Lorsque l'évaporateur est à compression mécanique de vapeur, la vapeur de la solution (vapeur d'ébullition) est comprimée pour être réchauffée. Les buées comprimées sont alors utilisées en vapeurs de chauffage au sein de l'évaporateur : leur condensation apporte l'énergie nécessaire à l'évaporation de l'effluent entrant.

Ce système est énergétiquement très performant puisqu'il ne nécessite que l'apport de la différence d'enthalpie entre les buées produites et la vapeur nécessaire sur l'échangeur de chaleur. Cela suppose l'installation d'un compresseur mécanique type soufflante ou compresseur centrifuge en fonction des quantités et du taux de compression requis. Hormis pour le démarrage et l'appoint, le vecteur énergétique principal devient de l'électricité. (ADEME, 2006)

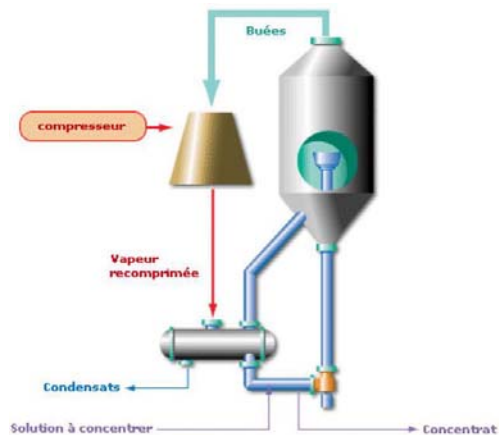


Figure : Exemple de compression mécanique de vapeur à circulation forcée (ADEME, 2006)

Consommation énergétique

La consommation d'énergie électrique est très faible face à l'énergie récupérée lors de la condensation. La consommation électrique moyenne varie de 20 à 110 kWh/t d'eau évaporée selon le type de compresseur mis en œuvre.

Débit

L'évapo-concentration par CMV est généralement utilisée pour traiter des débits variant de 20 L/h à 50 m³/h.

Avantage :

- Faible consommation énergétique ;
- Faible encombrement ;
- Large gamme de capacité ;
- Stérilisation du distillat ;
- Suppression du système de condensation.

Limite :

- Température d'évaporation supérieure à 60°C H risques d'encrassement ;
- Dans le cas de produits corrosifs, risque d'entraînement de gouttelettes de produit vers la machine de compression ;
- Nécessite l'installation d'un compresseur ;

Evaporateur multiples effets ou évapo-condensation

Dans le cas de multiples effets, l'énergie des vapeurs de la solution formée dans un premier évaporateur sert à chauffer et à évaporer la solution introduite dans un second évaporateur. Dans celui-ci, un vide partiel est créé afin d'avoir une température d'ébullition inférieure à la température de la vapeur (Vidonne, 2009).

La consommation énergétique « primaire » est proportionnellement réduite en fonction du nombre d'effets installés. Une tonne de vapeur primaire permettra d'évaporer 1 tonne d'eau sur un simple effet, mais 3 tonnes d'eau sur un triple-effet. Dans cette configuration, il est aisé de récupérer des calories sur les condensats par détente dans l'échangeur de l'effet suivant. (ADEME, 2006)

La totalité des condensats sont ainsi récupérés à la température la plus faible.

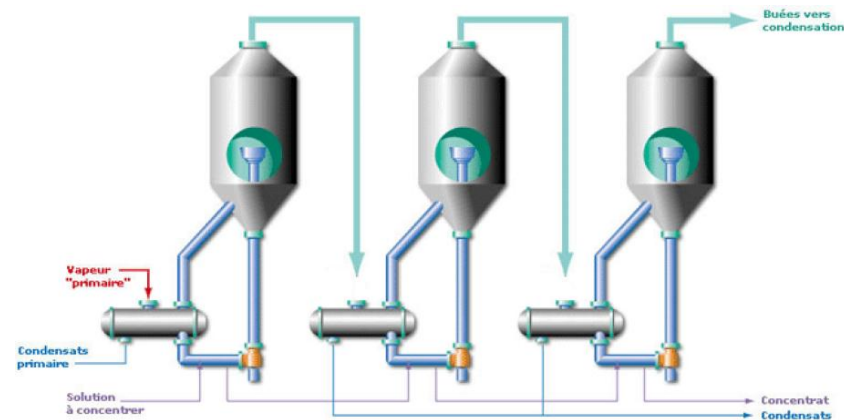


Figure : Exemple d'évapo-concentration triple-effet à circulation forcée (ADEME, 2006)

Le multiple effet consiste en à mettre en série plusieurs évaporateurs à simple effet, chaque évaporateur fonctionnant à une pression différente.

L'intérêt de ce type d'évaporateur est de pouvoir multiplier le nombre d'effets et de diminuer d'une façon presque proportionnelle le coût énergétique en fonction du nombre d'effets. Le multiple effet n'a pas de limitation de débit.

Deux types principaux d'évaporateurs peuvent être associés dans une même installation, ce sont les évaporateurs à flot tombant et les évaporateurs à circulation forcée.

Consommation énergétique

Simple effet : 700kWh/t ;

Double effet : 400kWh/t ;

Triple effet : 240kWh/t ;

Débit :

Le multiple effet n'a pas de limitation de débit.

Avantage :

- Souplesse d'adaptabilité à des différences de régimes ;
- Division des besoins énergétiques par le nombre d'effet.

Limite :

- Multiplication des équipements par le nombre d'effets ;
- Conduite de plusieurs étages de concentration ;
- Augmentation des consommations annexes.

Limite du traitement

Les problèmes rencontrés sont ceux concernant, d'une part, la qualité des condensats et, d'autre part, l'appareillage.

Corrosion

En cas de présence d'acides, des gaz très toxiques pourront se former (acide chlorhydrique, acide fluorhydrique...) susceptibles d'endommager le matériel. Dans ce cas, la CMV n'est pas la technologie la plus adaptée en raison de la présence du compresseur. La présence de certains sels, notamment les chlorures et les fluorures, même à pH neutre, ont une agressivité vis à vis de l'acier inoxydable. Lorsque ces sels sont présents dans des concentrations non négligeables, des matériaux plus résistants tels que le titane ou les céramiques doivent être utilisés. (APESA, 2007)

Moussage

Le phénomène du moussage, s'il n'est pas ou mal maîtrisé, peut engendrer des dysfonctionnements néfastes vis à vis des performances de séparation. Le moussage peut être à l'origine d'encrassement, mais également d'entraînements de particules liquides avec les buées ce qui nuit à la séparation et donc à l'efficacité énergétique. C'est donc un paramètre qu'il faut dès la conception mettre en évidence. Des solutions existent au niveau des équipements : augmenter la hauteur de la phase vapeur dans l'évaporateur, installer un dévésiculeur ou séparateur de gouttelettes, prévoir l'adjonction d'anti-mousse.... (ADEME, 2006)

Entartrage

Le principal facteur de dégradation du rendement est l'encrassement des surfaces d'échange.

Un entartrage cyclique des surfaces d'échange se traduit rapidement par une diminution de la quantité des distillats produits.

Des phases de lavage sont nécessaires mais celles-ci dégradent la production, et supposent des étapes de redémarrage souvent coûteuses en énergie (réchauffage de la solution à traiter). Une conduite sous vide permet de limiter la formation de dépôts due à la dégradation thermique des produits. Par contre, dans ce cas, il faut s'assurer d'une bonne tenue au vide de l'unité en installant des systèmes d'étanchéité ad hoc (joints, soudure...). Une purge efficace des incondensables est également indispensable car en s'accumulant ils diminuent la surface d'échange au niveau des échangeurs

Toute action préventive sur l'encrassement est donc la bienvenue. Il faut ainsi s'assurer de vitesses correctes dans les échangeurs pour éviter les dépôts (ADEME, 2006)

Co-distillation

Des produits indésirables organiques ou minéraux sont entraînés par la vapeur d'eau. L'entraînement dépend de leur volatilité relative par rapport à l'eau. Plus celle-ci est grande, et plus les condensats contiennent d'impuretés. Ces produits sont déjà présents dans les effluents ou se forment en cours d'évaporation par déplacement d'équilibre.

Dans le cas de l'industrie du traitement de surface une neutralisation est réalisée de manière à ce que l'effluent entre dans l'évaporateur dans une plage de pH de 6 à 7. Cette régulation du pH permet de limiter les phénomènes de co-distillation et par ailleurs, d'éviter au maximum la précipitation d'oxydes métalliques.

Cristallisation

Un effluent chargé en sels est susceptible de cristalliser lorsque le seuil de saturation est atteint. Ce seuil dépend de la concentration en sels et de la température. Dans un effluent de traitement de surface, les sels étant souvent en mélange, il faut également tenir compte du phénomène de l'ion commun qui déplace le seuil vers le bas. Seul un test sur un pilote permet généralement de connaître la concentration à ne pas dépasser dans l'évaporateur. C'est l'extraction des concentrats qui permettra de régler cette concentration. (APESA, 2007)

DONNEES DE DIMENSIONNEMENT

Pour le dimensionnement des systèmes d'évapo-concentration, il convient de tenir compte d'un certain nombre de paramètres, entre autres :

- Débits,
- Viscosité,
- Point d'ébullition,
- Point éclair
- ...

Les systèmes doivent être adaptés au besoin de l'industriel et est spécifique de l'effluent à traiter.

Des essais en laboratoire et/ou sur pilote sont nécessaires avant de réaliser une installation industrielle afin de déterminer la technique la mieux adaptée et les performances attendues (facteur de concentration, qualité du distillat, nature des prétraitements et post-traitements si besoin, phénomènes de moussage, de cristallisation, d'entartrage) (lanesco, 2010).

Toute optimisation énergétique passe principalement par une diminution des consommations en source chaude (vapeur primaire) et en source froide (eau de refroidissement pour la condensation).

Il faut rechercher la conception industrielle qui assure le meilleur compromis entre coût énergétique et coût d'investissement sans oublier les spécifications techniques sur les produits traités.

Un volume d'effluent à traiter insuffisant (< 200 m³/an) sera un frein à la compétitivité de ces techniques par rapport au traitement hors site. A l'inverse un volume d'effluent à traiter trop élevé (> 6000 m³/an) rendra l'évapo-concentration difficilement pertinente par rapport aux techniques classiques de traitement. Les contraintes locales ou la volonté de l'industriel peuvent toutefois conduire à la mise en oeuvre d'une de ces techniques pour atteindre des seuils de rejet très bas ou encore le rejet zéro sur site.

Remarque :

Lorsque la récupération est le but du procédé, une étape de prétraitement est nécessaire avant de pouvoir démarrer le procédé d'évaporation (ajout d'acides, de bases, séparation des phases liquides libres insolubles, procédés physicochimiques de séparation des métaux lourds et/ou autres solides)

Dans le cas où le concentré n'est pas recyclé, un traitement supplémentaire après l'évaporation (incinération, par exemple) est nécessaire.

SUBSTANCES CONCERNEES

Peu de données sont disponibles concernant le traitement des substances dangereuses par évapo-concentration.

Le BREF des Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique indique un taux de performance de 99% sur les polluants sans recyclage de condensat. Le type de polluant n'est pas précisé (CWW, Février 2003).

SOUS-SECTEURS CONCERNES

L'évapo-concentration est généralement appliquée aux industries suivantes (APESA, 2007):

- Industrie agroalimentaire ;
- Industrie textile ;
- Industrie chimique ;
- Industrie du traitement de surface ;
- Industrie de la mécanique.

En effet dans ces industries l'évapo-concentration est employée lorsque des flux d'eaux usées concentrés sont nécessaires ou recommandés, par exemple :

- pour concentrer des liqueurs mères et les liqueurs provenant du lavage des effluents gazeux afin de recycler des substances utiles
- pour évaporer et cristalliser des solides, pour les récupérer ou les éliminer des eaux usées comme prétraitement afin de concentrer le flux résiduaire avant utilisation thermique, incinération ou évacuation en tant que déchet dangereux

Les sous-secteurs du déchet qui utilisent les techniques de traitement par évapo-concentration sont principalement les suivants :

- Traitement de déchets dangereux : évapo-concentration ou évapo-incinération des effluents liquides et des déchets liquides dangereux : réduction de la quantité et du volume ;
- Installation de stockage de déchets dangereux : traitement des lixiviats ;
- UIOM : incinération des eaux usées avec unité d'évapo-concentration des eaux usées.

Remarque ; Lorsque les traitements physicochimiques ne sont plus adaptés parce qu'ils génèrent de trop grandes quantités de boues ou qu'ils consomment trop d'oxydants, l'évapo-concentration offre une réponse technico-économique et permet souvent de réutiliser l'eau condensée. (lanesco, 2010)

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Le principale poste d'investissement lié à l'utilisation de l'évapo-concentration concerne les besoins en énergie du système. Un retour d'expérience d'ARCADIS montre que l'énergie peut représenter plus de 35% des dépenses d'exploitation.

Les données d'investissement disponibles pour le traitement des effluents de décapage acier inox par évapo-concentration (AE, 2008).

Réacteur de neutralisation à la soude en amont de l'évapo-concentreur

Évaporateur (120 l/h) de type Compression Mécanique de Vapeur (CMV) ;

Système de recyclage du distillat après déshuilage et finition sur charbons actifs

Investissement

Bâtiment et dispositif de traitement des eaux : 257 k€ ;

Coûts de fonctionnement :

Conso. électrique : 3 000 h x 11 kW/h : 1 700 €

Divers : achat de réactifs : 1 000 €

Maintenance du constructeur + composants de remplacement : 5 000 €

Concentrés traités en centre + transport (10 t) : 4 500 €

MO interne : 150 h / an

BILAN DES AVANTAGES ET INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES**Avantage :**

- Récupération de matière possible.
- Permet l'élimination des composés organiques réfractaires et/ou toxiques des eaux usées.
- Réduit la quantité d'eaux usées.
- Réduit la quantité et le volume de déchets dangereux.

Inconvénients :

- S'ils ne peuvent pas être recyclés, les résidus doivent être évacués, par incinération le plus souvent.
- Des polluants volatils polluent le condensat (ce qui entraîne un traitement supplémentaire) ou sont émis sous forme d'effluent gazeux.
- Procédé sensible à l'encrassement, à la corrosion et à la présence de mousse.
- Forte consommation d'énergie.

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE**Evapo-condensation appliquée au traitement des lixiviats :**

Le procédé émergent d'évapo-condensation semble parfaitement répondre aux caractéristiques des lixiviats. Aucun traitement supplémentaire du condensat n'est nécessaire avant son rejet, et l'entretien de l'échangeur est facilité. Ce procédé permet de n'avoir que 5% du volume initial des lixiviats en résidus finaux. (koller, 2004)

Les lixiviats subissent une évaporation, ce qui permet de séparer les phases liquide et gazeuse. La phase gazeuse est alors condensée. Le procédé génère ainsi d'une part un effluent liquide traité, le condensat, et un sous produit appelé concentrat d'autre part.

La température d'ébullition du lixiviat étant fonction de la pression appliquée, différentes technologies existent. Elles doivent être comparées notamment au regard du facteur de concentration, de la qualité du condensat et de la destination finale du concentrat.

Objectif : concentration de la pollution des lixiviats, et condensation des vapeur avec valorisation du biogaz du site.

Retour d'expérience Arcadis sur des sites utilisant cette technologie :

	Site 1			Site 2		
	Qualité Moyenne du lixiviat		Rendement en %	Qualité Moyenne du lixiviat		Rendement en %
	Entrée	Sortie		Sortie	Entrée	
MES (mg/l)	100	< 1	> 99	73	< 2	97,3
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	5 000	35 à 80	> 98,4	20,5	4,5	78
DCO (mg O ₂ /l)	15 000	120 à 180	> 98,8	320	< 30	91
N-NH ₄ (mg/l)	3 500	9 à 25	> 99,3	73	< 2	97

Remarque :

Ce type de traitement présente l'avantage d'utiliser le biogaz comme source de chaleur. En absence de traitement spécifique, l'ammoniac n'est pas éliminé.

L'application de ce type de traitement est adaptée à un large spectre de lixiviats comme aux saumures d'osmose inverse.

Ce procédé est séparatif. En effet, la pollution est transférée dans le concentrât. Les possibilités locales d'évacuation de ce concentrât sont déterminantes lors du choix de la mise en œuvre du procédé ainsi que le mode d'élimination de l'ammoniaque.

Coûts :

Données recueillies sur une quantité moyenne de lixiviat traité de 125 m³/jour :

Investissement : 1,8 M€ ; Fonctionnement 10,3 €/m³

Problématique de l'évaporation des émulsions huileuses (APESA, 2007)

La présence d'huile dans un évaporateur diminue son bilan thermique ce qui oblige dans certains cas à prétraiter l'effluent avant évaporation. Ce prétraitement peut consister en un passage physico-chimique, un déshuilage ou une filtration.

La qualité du distillat n'est généralement pas suffisante pour un rejet au milieu naturel ou au réseau communal. La mise en place d'un traitement de finition doit alors être étudié : il peut s'agir d'un traitement sommaire de type déshuilage, charbon actif ou d'un traitement plus complexe de type filtration membranaire ou traitement biologique. Dans certains cas, le distillat est recyclé dans le process en contrôlant les risques de pollution bactérienne et le moussage.

Le concentré obtenu peut subir un traitement complémentaire tel qu'une décantation en vue d'une valorisation ou plus simplement une valorisation en cimenterie.

L'évaporation du fluide huileux peut être envisagée lorsque la teneur en eau du fluide est de l'ordre de 95%, en dessous de cette valeur, l'évapo-concentration sera difficilement compétitive du point de vue économique. Dans tous les cas, une teneur en eau inférieure à 90% est généralement limitante pour ce type de traitement.

Traitement de déchets liquides dangereux

L'Evapo-condensation est utilisée pour traiter les déchets dangereux aqueux non biodégradables : les polluants sont concentrés dans la lourde phase par l'évaporation de la phase légère, le concentré peut être envoyé vers un incinérateur pour destruction et production d'énergie.

Si la phase légère n'est pas biodégradable, le concentrât est envoyé à une chambre d'oxydation à 850°C (ou directement à une post-combustion d'incinération à haute température) où tous les composés organiques sont détruits. Ce processus est appelé l'évapo-incinération

Les déchets acceptés sont :

- les lixiviats ;
- les eaux usées contenant des pesticides ;
- les liquides de refroidissement ;
- les eaux usées provenant du nettoyage des cabines de peintures ;
- ...

Les spécifications des déchets liquides doivent être les suivantes :

- Matières dissoutes totales < 10%
- Polymerizable sediment < 5%
- 4-5 < pH < 12
- Point éclair > 55°C

Dans le cadre d'une évapo-incinération les déchets liquides peuvent contenir :

- Moins de 1% de composés halogénés volatils ;
- Moins de 3% de composés sulfurés volatils ;
- Des COV non condensables.

RÉFÉRENCES

ADEME L'évapo-concentration [Rapport] / DABEE - Département Industrie et Agriculture. - 2006. - p. 11.

AE Agence de l'eau Rejet zéro sur site, traitement des effluents de décapage acier inox par évapo-concentration [En ligne] // Mise en oeuvre des meilleures techniques disponibles en traitements de surfaces. - Mars 2008. - 2011. - http://www.eaurmc.fr/typo3conf/ext/dam_frontend/pushfile.php?docID=674.

APESA Evapoconcentration [Rapport] : Fiche technique. - 2007.

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

Ianesco L'évapo-concentration, une solution pour le traitement d'effluents concentrés [En ligne] // Lettre d'information de Ianesco et Créatmos. - Juillet - août 2010. - 2011. - <http://www.ianesco.fr/web/mailling/cvi9/cvi9.pdf>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Livre]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

Vidonne Alain Traitement des eaux résiduaires dans les ateliers de traitements de surface [Rapport]. - [s.l.] : Technique de l'ingénieur, 2009.

FILTRE A SABLE CONTINU

Peu d'informations spécifiques aux rejets des industries du secteur du déchet ont été trouvées pour le traitement par filtre à sable des substances dangereuses. Les données disponibles sont principalement issues du projet AMPERES.

Un filtre à sable est constitué par des couches de sable de qualité et de granulométrie adéquates, et de hauteur de remplissage variable, à travers lesquelles circule l'effluent à vitesse relativement faible. Le processus se fait à flux ascendant ou à flux descendant dans des filtres ouverts ou fermés. Les filtres à sable à lavage en continu donnent l'avantage du fonctionnement en continu mais avec une moindre efficacité. Il est souvent installé un duplex de FAS pour éviter les arrêts. L'effluent doit généralement être prétraité au préalable (utilisation d'un floculant). L'efficacité de la filtration dépend essentiellement des caractéristiques physico-chimiques du matériau (forme, granulométrie), de l'épaisseur de la couche filtrante et de la vitesse de filtration. (Crini, et al., 2007)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
L'ensemble des sous-secteurs dans le cadre du traitement des eaux de ruissellement (démarrage rapide de l'installation). Sous secteurs dont les effluents contiennent des métaux.	Nonylphenols Atrazine Diuron Nickel Plomb Simazine Ioproturon Tetrachloroethylene Arsenic Zinc Chrome Cuivre Ibuprofène Diclofénac	Traitement de finition ; Fréquemment utilisé comme étape de séparation finale après les procédés de décantation ou de flottation.	Séparation impossible des colloïdes sans traitement chimique supplémentaire ; Risque de colmatage du milieu filtrant en l'absence d'adjuvant de filtration.

DESCRIPTIF

Filtre à sable conventionnel

Le principe de la filière consiste à faire passer l'eau sous pression à travers un lit filtrant (souvent du sable calibré) de 1 à 1,5 m d'épaisseur mis en place dans un filtre fermé. La vitesse de filtration (de passage) peut varier entre 5 et 15 m/h.

Les filtres fermés sont constitués d'un corps cylindrique en tôle d'acier garni d'une couche de matière filtrante.

Selon les constructeurs cette couche repose soit sur plusieurs lits de sable de granulation croissante depuis la partie inférieure ou bien sur un plancher crépiné. Diverses variantes sont rencontrées :

- Filtres verticaux :
 - Monocouche avec filtration de haut en bas ou de bas en haut,
 - Multicouches avec filtration de haut en bas ou de bas en haut.
- Filtres horizontaux.
- Disposition particulière : filtres doubles ou triples

Dans le cas de filtres multicouches avec percolation de haut en bas, on utilise successivement, comme milieu filtrant, une couche de matériau de taille effective élevée et de moindre densité (anthracite le plus souvent) et une couche de matériau plus fin mais plus dense (sable). De cette façon les impuretés pénètrent plus facilement dans la couche supérieure du filtre et la couche inférieure constitue une sécurité de fin de cycle.

La granulométrie du sable est variable suivant le type de filtration. En effet l'efficacité de la filtration est proportionnelle à l'épaisseur et à la finesse du sable et inversement proportionnelle à la vitesse de filtration. Plus la couche filtrante est mince plus la vitesse doit être réduite.

L'efficacité de la filtration à travers le sable dépend en grande partie de la taille des grains. Les sables fins donnent de meilleurs résultats mais offrent une résistance de frottement plus grande au passage de l'eau et ne sont donc pas d'un usage économique. L'épaisseur de la couche filtrante est donc également variable suivant l'application. On pourra admettre des couches d'autant plus minces que le sable utilisé sera plus fin. Ainsi en filtration normale à 15 m/h avec un sable de taille effective de TEN 0,95 mm, on peut utiliser une hauteur de 1,5 m.

Le fonctionnement du filtre à sable est discontinu et se compose d'un cycle de filtration suivi d'un cycle de lavage lié au colmatage du matériau filtrant par les matières en suspension présentes dans l'eau brute. Au début du cycle de filtration, les impuretés véhiculées s'accumulent dans la partie supérieure du lit filtrant. Quand le colmatage de cette partie du filtre commence, la perte de charge qui en résulte provoque la pénétration progressive des particules dans les couches les plus profondes, jusqu'à atteindre la base du filtre. Il en résulte un « départ » des impuretés dans le filtrat : on dira que le filtre est « crevé ».

L'efficacité du traitement (de la filtration) peut être suivie par la mesure de la turbidité de l'eau filtrée.

Quand le filtre est encrassé (augmentation de la pression ou chute du débit), il faut procéder au lavage du matériau. Le lavage est réalisé à contrecourant et se compose généralement de trois séquences :

- un détassage à l'eau à petit débit pendant quelques minutes (2-5 minutes),
- lavage à l'air à grand débit et à l'eau à petit débit pendant 5 à 15 minutes,
- rinçage à l'eau à grand débit jusqu'à ce que l'eau évacuée soit claire.

Un lavage acide peut également être fait dans certains cas.

Des modes de lavage différents peuvent être appliqués, en particulier dans les installations automatiques.

Filtre à sable continu

Il s'agit de procédés de filtration sur sable qui permettent de s'affranchir des séquences de lavage (nécessitant un arrêt après chaque cycle de production). Le lavage du matériau filtrant est réalisé, de manière continue sans arrêt de la production d'eau traitée.

L'objectif principal est la réduction la teneur en MeST et de turbidité ainsi que la pollution associée (présente sous forme particulière ou colloïdale, ou de floccs contenant des métaux lourds en sortie d'un procédé physico-chimique par exemple). L'effluent brut ou floculé (ou simplement coagulé) est introduit en haut du filtre. Il descend au cœur de celui-ci jusqu'au système de distribution radial qui le répartit de manière uniforme à la base du lit de sable.

L'effluent percole en phase ascendante à travers le sable dans lequel les solides en suspension sont piégés tandis que le filtrat est évacué au sommet du filtre, par débordement au-dessus d'une déverse.

Le sable, contaminé par les solides, circule de haut en bas dans le filtre vers le fond du cône jusqu'à être aspiré dans l'air-lift extérieur. L'air-lift est alimenté par de l'air comprimé de manière à véhiculer le mélange sable / solides jusqu'à un système de lavage situé au sommet de la cuve.

Le sable y est alors lavé à contre-courant par une fraction ascendante de filtrat (eau de lavage) qui se charge en matière en suspension.

Le sable lavé pénètre ensuite dans la boîte d'isolation qui empêche tout contact entre filtrat et sable avant que ce dernier ne soit à nouveau utilisé pour la filtration. L'eau de lavage chargée est évacuée par une déverse spécifique. Le niveau de cette déverse est réglable manuellement, mais reste toujours inférieur au niveau de la déverse du filtrat.

Les filtres continus sont généralement construits en inox et peuvent être montés en parallèle. Pour des débits importants, ils peuvent s'intégrer dans des modules en béton.

La granulométrie du sable utilisé est déterminée en fonction de l'objectif recherché. Les deux types de sables utilisés le plus couramment sont le TEN 0,75 ou le TEN 0,95.

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement d'un filtre à sable est réalisé sur la base d'une vitesse de filtration (charge hydraulique superficielle). Elle s'exprime en m³/m²/h (ou m/h) :

- Pour une filtration rapide : vitesse 30 – 50 m/h,
- Filtration normale : 15 – 30 m/h,
- Filtration lente 8 -12 m/h

Le choix de la filtration dépend du flux en matière en suspension dans l'effluent à traiter, de la hauteur et de la granulométrie du matériau de filtration. Ce traitement est généralement non applicable pour une teneur en MES supérieure à 100mg/l.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Dans le traitement des eaux résiduaires, la filtration sur sable est souvent mise en place soit pour affiner la clarification (élimination des matières en suspension et colloïdes) d'une eau traitée préalablement par un autre procédé (physico-chimique ou biologique) soit pour protéger un étage de finition par charbon actif, ozonation ou résines échangeuses d'ions.

Dans le cadre de traitement d'effluents contenant des substances dangereuses, sa mise en place, peut être nécessaire pour éliminer les matières en suspension ou colloïdales et pour protéger des éventuels traitements de finition.

Dans le cadre de l'étude, l'ensemble des sous-secteurs peut être concerné dans le cadre du traitement des eaux de ruissellement. En effet le traitement par filtre à sable permet un démarrage rapide de l'installation.

Les sous secteurs dont les effluents contiennent des métaux sont également concernés.

SUBSTANCES CONCERNÉES

Peu de données sont disponibles concernant les substances dangereuses susceptibles d'être traités par filtration à sable continu.

Les résultats du projet AMPERES (Cf. Critiques et précisions à apporter à la fiche) montrent que l'efficacité de ce type de traitement semble limitée pour l'élimination des micropolluants.

D'après Degrémont (1991), les filtres à sables semblent avoir une efficacité excellente vis-à-vis de la démercurisation des effluents aqueux. (INERIS, 2008). D'une manière générale, la filtration sur sable n'élimine par les métaux lourds, elle permet juste de récupérer les floccs encore présents après le passage dans le décanteur (Degrémont, 2005).

Traitement combiné pré-chloration – filtration sur sable

La chloration combinée à la filtration sur sable améliore nettement la réduction des métaux lourds (Degrémont-Suez, 2005).

L'EPA cite traitable par filtration sur sable les polluants suivants :

Pollutant	Percent Removal
Fecal Coliform	76
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	70
Total Suspended Solids (TSS)	70
Total Organic Carbon (TOC)	48
Total Nitrogen (TN)	21
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	46
Nitrate as Nitrogen (NO ₃ -N)	0
Total Phosphorus (TP)	33
Iron (Fe)	45
Lead (Pb)	45
Zinc (Zn)	45

Figure: typical pollutant removal efficiency. (EPA, 1999)

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Débit à traiter (m3/h)	Investissement (k€) Hors bâtiment
< 10	30 -50
10-20	50 -80
20 -50	80 -130
50 -100	130 -200

Les fournisseurs proposent des tailles standards de filtres à sable. L'installation de traitement peut être modulaire et adaptée aux débits à traiter

Selon le site EMIS le coût d'investissement pour un filtre à sable en polyester de 12 m³/h pour bassin (48 à 60 m³) s'élève à 600€.

Un filtre à sable industriel continue de 5m², soit environ 50m³/h coûte environ 50,000 €. Les coûts de fonctionnement sont très faibles en raison de la simplicité et de l'entretien limité. (EMIS)

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES

ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- Traitement de base (pré-requis) pour la pollution sous forme particulaire ou colloïdale (en teneur modérée)
- Application directe pour les métaux préalablement insolubilisés, les substances colloïdales et le cas échéant pour des substances ayant des affinités pour les MES présentes (cas particuliers)
- Peut s'envisager en finition de la séparation des MES en aval d'un décanteur de traitement physico-chimique ou en protection d'un étage de finition (charbon actif, membrane, ...)
- Principe simple - Fonctionnement automatisable
- Très bonnes performances sur les MES et colloïdes mais sans atteindre les niveaux requis pour les substances dangereuses concernées
- Procédé supplémentaire à prévoir pour cela

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Production d'eaux de lavages à retraiter (sur une filière physico-chimique existante en amont par exemple)
- Phases d'interruption lors des lavages sauf dans le procédé de filtration à lavage continu, sinon prévoir 2 unités identiques en parallèle
- Aucune action sur la pollution dissoute (cas de la plupart des substances dangereuses concernées aux niveaux de concentration observés)
- Colmatage, entartrage.

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Les filtres à sables sont durs à gérer car ils saturent vite. De plus le réglage du débit entrant doit être optimisé sous peine de mise en suspension du sable dans l'effluent à traiter et donc départ du sable dans le circuit de traitement des effluents. Il peut s'agir d'une voie de réserve pour 1 ou 2 jours.

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre qu'une bonne pratique relative aux filtres à sables continu est de les utiliser pour les eaux de ruissellement car le démarrage de l'installation peut se faire rapidement.

A cet effet, pour pallier au problème des départs de sable avec les effluents, de nouveaux procédés tendent à se généraliser. Ils utilisent les mêmes propriétés que la filtration sur sable sans avoir l'inconvénient qu'est la non-cohésion du matériau sableux. C'est le cas du Fuzzy-Filter™ qui est un filtre de très haute vitesse à média compressible utilisé pour le traitement de l'eau potable et des eaux usées. (SCHREIBER)



Figure : Procédé Fuzzy-Filter™ (SCHREIBER WATER)

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS se type de procédés est utilisé en amont de traitement par osmose-inverse, en traitement tertiaire des effluents industriels ou encore dans le cas d'une réutilisation des eaux.

Les avantages de ce type de technologie sont les suivants :

- Facilité d'installation et faible coûts d'exploitation ;
- Haut débit ;
- Pas de nécessité d'utiliser de l'eau propre ;
- Grande capacité de stockage.

Projet « AMPERES »

Les rendements observés dans le cadre du projet AMPERES montrent que les traitements d'affinage tel que la filtration sur sable n'apportent généralement pas un complément d'élimination par rapport aux traitements secondaires. L'efficacité de ce type de traitement semble limitée pour l'élimination des micropolluants (Choubert, et al., 2011)

	Filière tertiaire d'affinage – filtration sur sable
Substance	rendement
Nonylphenols	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Atrazine	Rendement R2 inférieur à 30%
Diuron	Rendement R2 inférieur à 30%
Nickel	Rendement R2 inférieur à 30%
Plomb	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Simazine	Rendement R2 inférieur à 30%
Ioproturon	Rendement R2 inférieur à 30%
Tetrachloroethylene	Rendement R2 inférieur à 30%
Arsenic	Rendement R2 inférieur à 30%
Zinc	Rendement R2 inférieur à 30%
Cuivre	Rendement R2 inférieur à 30%
Chrome	Rendement R2 inférieur à 30%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire Charbon actif (Choubert, et al., 2011)

Le zoom effectué sur les substances pharmaceutique a permis de mettre en évidence les rendements suivants :

	Filière tertiaire avancées - CA
Substance	rendement
Ibuprofène	Rendement R2 inférieur à 30%
Diclofénac	Rendement R2 inférieur à 30%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire avancés au Charbon actif (Soulie, et al., 2011)

REFERENCES

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

EMIS Sand filtration [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - <http://www.emis.vito.be/node/22621>.

EPA Storm Water Technologies Fact sheet - Sand filters [Rapport]. - [s.l.] : EPA, 1999.

INERIS Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

SCHREIBER Industrial filtration [En ligne]. - <http://www.schreiberwater.com/Industrial.shtml>.

Soulie C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

LAGUNAGE

Les données sur le traitement par lagunage des rejets des industries du secteur du déchet ne concernent pratiquement pas les substances dangereuses.

Les informations relatives au traitement par lagunage d'effluents liquides contenant des substances dangereuses sont celles issues de projets liés au traitement des eaux des stations d'épuration.

Le lagunage naturel est une méthode biologique de traitement des eaux. Le traitement consiste à faire transiter les eaux usées dans des bassins spécialement aménagés où doit s'opérer une épuration essentiellement due aux bactéries aérobies présentes dans la masse d'eau.

L'oxygène dissout nécessaire est apporté par la photosynthèse des algues microscopiques développées en abondance dans les lagunes grâce à l'éclairage et à l'apport continu d'éléments fertilisants (azote, phosphore, ...) par les effluents bruts.

D'autres mécanismes de dégradation de la pollution organique et de la matière vivante née dans les bassins sont localisés sur le fond des bassins et font appel à des processus anaérobie : leur importance doit rester limitée, ne serait-ce que pour les nuisances olfactives qu'ils peuvent générer. (MAGE42, 2007)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Traitement des lixiviats provenant d'installation de stockage (ISDND). Peut convenir pour les sous-secteurs du déchet dont les effluents contiennent des polluants biodégradables en faible concentration.	Substances biodégradables ; Polluants carbonés	Peut constituer un traitement d'affinage dans certains cas ; Dans le cadre d'un lagunage aéré : traitement biologique des lixiviats provenant d'installation de stockage (ISDND).	DCO organique appliquée ; Concentration de l'effluent de départ trop élevée ; Facteurs saisonniers (stratification des plans d'eau...) ; Défaut d'entretien ; Défauts de conception.

DESCRIPTIF

Deux grands types de lagunes peuvent être distingués (Koller, 2004) :

Lagunage naturelle

Les lagunes naturelles (bassins de faible profondeur), anaérobies facultatives ou aérobies qui peuvent recevoir des effluents bruts ou prétraités. La recirculation des boues biologiques décantées n'est pas réalisée et la concentration de la biomasse épuratrice reste faible.

Compte tenu de son caractère extensif, sans apport mécanique d'oxygénation, ce procédé est réservé à des effluents domestiques plutôt peu concentrés. Il est donc particulièrement adapté à des réseaux unitaires vis à vis desquels il offre une certaine tolérance pour les excès hydrauliques momentanés (pouvoir tampon des bassins) du fait des longs temps de séjour dus au caractère extensif du traitement.

Une fiabilité de fonctionnement comparable à celle d'autres procédés présentant un caractère de rusticité comparable (lits bactériens...) n'est obtenue qu'en prévoyant l'installation de trois lagunes en série.

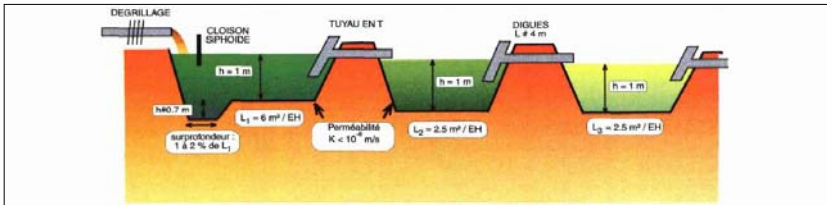


Figure : Schéma d'une filière de lagunage type (Racault, et al., 1997)

Lagunage aéré :

Les lagunes aérées constituent un dispositif très proches du procédé à boues activées à faible charge. On y effectue une épuration biologique bactérienne comme celle qui se pratique naturellement dans un étang, en apportant de l'extérieur par insufflation d'air ou oxygénation au moyen d'aérateurs de surface, l'oxygène nécessaire au maintien des conditions aérobies des bactéries épuratrices. Bien que théoriquement elle ne s'impose pas, une recirculation de l'eau traitée et parfois des boues biologiques en tête de lagunes est souvent pratiquée. Elle permet d'améliorer le mélange complet et d'assurer une meilleure répartition de la biomasse. Il est rare, en raison de la concentration relativement élevée en MES, que l'on puisse rejeter directement l'effluent traité à l'exutoire sans décantation finale.



Figure : Traitement des lixivats par lagunage aéré. (ARCADIS)

Les critères pour la mise en œuvre d'un traitement par lagunage aérés pour le traitement des lixivats sont les suivants (Retour d'expérience ARCADIS) :

- Temps de séjours de 20 à 30 jours minimum ;
- Homogénéisation efficace (transfert d'O₂, contact bactéries/effluent) ;
- Température optimale > 10°C ;
- pH constant et compris entre 7 et 7,5 (ajustement parfois nécessaire)

DONNEES DE DIMENSIONNEMENT

Le temps de séjour des eaux usées dans les bassins détermine le caractère plus ou moins poussé de l'abattement microbiologique qui accompagne le traitement. Ce dernier point ne fait pas l'objet de commentaires particuliers dans cette étude car nous disposons de peu ou pas de résultats faute d'objectifs d'abattement spécifiques. (MAGE42, 2007)

Les dimensions du bassin d'aération sont calculées en fonction du débit de lixivats et du temps de séjour, en général fixé de 20 à 30 jours pour avoir une bonne épuration. Le dimensionnement est donc fonction de l'effluent à traiter.

Remarque : la capacité d'aération à installer pour assurer le traitement biologique comprend l'oxygène à fournir pour :

- L'oxydation de la pollution organique biodégradable,
- La nitrification de l'ammoniaque ;
- La respiration endogène des bactéries.

Les proportions DCO/N/P dans les rapports de 180/5/1 sont préconisées pour assurer une biodégradation efficace.

Remarque : l'étude menée en 1997 par un groupe de travail SATESE – CEMAGREF insistait notamment sur la nécessité de retenir, pour le premier bassin de lagunage une charge inférieure à 6 g de DBO₅ par m² afin d'éviter tout dysfonctionnement lié à un excès de charge organique. (MAGE42, 2007)

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Le lagunage est fortement développé en France dans les petites communes rurales en raison de sa rusticité et de performances d'épuration honorables.

Les bassins suivants, dits d'affinage (eau déjà traitée), peuvent en outre permettre l'élimination des contaminants biologiques par l'action du rayonnement solaire.

Elle est déconseillée à l'issue de réseaux strictement séparatifs à l'issue desquels les effluents peuvent dépasser les seuils de concentration susceptibles de générer un déséquilibre biologique du premier bassin. (MAGE42, 2007)

Dans le cadre du secteur du déchet le lagunage aéré est actuellement utilisé comme traitement biologique des lixivats provenant d'installation de stockage (ISDND).

Ce type de traitement peut convenir pour les sous-secteurs du déchet dont les effluents contiennent des polluants biodégradables.

SUBSTANCES CONCERNÉES

Peu de données sont disponibles dans la bibliographie concernant la réduction ou l'élimination des substances dangereuses dans les effluents du secteur du déchet par lagunage. Les données disponibles concernent des stations de traitement d'effluents urbains et/ou d'effluent industriels. Les objectifs de traitement concernent : la DBO₅, la DCO, les MES et NTK.

Dans le cadre de l'étude les substances concernées sont celles biodégradables et principalement les polluants carbonés (ADEME). Le lagunage n'est pas adapté aux composés non biodégradable et toxique. (MAGE42, 2007).

Remarque : généralement les lagunages sont adaptés au traitement des seuls effluents domestiques, en concentrations limitées. (MAGE42, 2007).

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Les coûts d'investissement pour un traitement par lagunage sont essentiellement liés à la conception et à la construction.

Les coûts de construction incluent l'excavation, le nivellement et réalisation des structures. Un cout supplémentaire est envisagé en fonction de la perméabilité du sol.

Les coûts liés à l'exploitation concernent essentiellement l'entretien des lagunes.

BILAN DES AVANTAGES ET INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Avantage :

- Pollution biodégradable bien éliminée en général

- Peu coûteuses (faible coût d'installation et de fonctionnement) ;
- Intégration harmonieusement dans le paysage ;
- Faible production de boues à moindre coût (accumulation plus importante de boue dans les climats froids en raison de l'activité microbienne réduite) ;
- Bonne adaptation aux à-coups de flux de pollution ;

Inconvénients :

- Nécessité de surfaces très importantes ;
- Traitement supplémentaire pour la DCO dure ;
- Performances variables ;
- Performances fonctions des conditions climatiques, du temps de traitement, du contrôle de l'humidité, de la population bactérienne, de la nature et de la bio-disponibilité des contaminants ;
- Cinétique de traitement lente ;
- Dénitrification aléatoire : nécessité des séjours longs et des traitements spécifique (par exemple par boues activées) ;
- Incapacité du processus pour à répondre à des concentrations en MES de l'ordre de 30 mg/l dans l'effluent dues à la présence d'algues. (EPA, 2001)

En moyenne globale, l'abattement sur la DCO (échantillon brut) est proche de 80 %. Une analyse plus fine de la répartition des classes de rendement montre que dans 91 % des cas l'abattement sur la DCO brut dépasse 60 % et qu'il est supérieur à 80 % dans plus de la moitié des cas. (Racault, et al., 1997).

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Projet « AMPERES » (Choubert, et al., 2011)

Les rendements observés dans le cadre du projet AMPERES montrent que les procédés tertiaires d'affinage tel que le lagunage de finition ont une efficacité limitée sur l'élimination des micropolluants.

	Filière tertiaire d'affinage – lagunage de finition
Substance	rendement
Nonylphenols	Rendement R2 inférieur à 30%
Mercure	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Diuron	Rendement R2 inférieur à 30%
Nickel	Rendement R2 inférieur à 30%
Plomb	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Arsenic	Rendement R2 inférieur à 30%
Zinc	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Cuivre	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Chrome	Rendement R2 compris entre 30 et 70%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire par lagunage de finition (Choubert, et al., 2011)

Le zoom effectué sur les substances pharmaceutique montre que le lagunage n'apporte généralement pas un complément d'élimination par rapport aux traitements secondaires.

	Filière tertiaire d'affinage – lagunage de finition
Substance	rendement
Ibuprofène	Rendement R2 inférieur à 30%
Diclofénac	Rendement R2 compris entre 30 et 70%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire par lagunage de finition (Soulier, et al., 2011)

EPA – CEC (lagunage)

Les données disponibles depuis la base de données sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern) compilée par l'EPA sont présentées ci-dessous (EPA, 2010).

Remarque : les taux d'enlèvement en parti présentés dans le rapport (EPA, 2010) sont issues de sources bibliographiques cataloguées par l'EPA sur des installations à échelle industrielle et sur des procédés à échelle pilote et laboratoire. Les données disponibles concernent des effluents provenant des matrices suivantes :

- Eau propre (distillée)
- Eau potable (source non spécifiée)
- Eau souterraine
- Eau usée industrielle
- Eau usée urbaine
- Eau d'origine agricole (fumier)
- Eau de surface
- Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire).

Les performances du traitement par lagunage sur les substances dangereuses dépendent du type de requête formulé à la base de données :

Champs sélectionnés pour établir la requête

Type de rapport	Taux d'enlèvement pour l'unité de traitement choisie
Type de matrices	Toutes
Selected Treatment Technology	Lagunage
Système	Industriel, laboratoire, pilote
Inclure les données récentes	oui

Les résultats disponibles sont les suivants

Matrice	Substance	Taux d'enlèvement (moyenne en %)	Systèmes comptabilisés
Eau usée urbaine	Ibuprofène	58	1
	Nonylphenol	67	4
	Octylphenol	75	3

Tableau: Taux d'enlèvement moyen pour les substances dangereuses selon les conditions sélectionnées. (EPA, 2010)

Remarque ARCADIS: Les données disponibles depuis la base de données avaient porté dans un premier temps à une confusion possible en termes de compréhension. En effet rien n'indiquait précisément que les taux de performance étaient calculés sur le traitement considéré (exemple charbon actif, osmose inverse) ou s'ils étaient calculés sur la chaîne de traitement complète englobant le traitement considéré.

Une confirmation du support technique (Brian D'Amico Chemical Engineer, Office of Water United States Environmental Protection Agency) précise que le taux de performance renseigné pour ce type de requête concerne le taux de performance du traitement considéré.

Association lagunes – filtres plantés (Paulus, 2009)

Les premiers retours d'expérience sur l'association lagunes/filtres plantés commencent à apparaître mais ne concerne actuellement que les stations d'épuration d'eaux urbaines.

Il apparaît que l'intégration de lagunes existantes dans une filière de filtres plantés permet d'améliorer le rejet (particulièrement en été, période de sensibilité accrue du cours d'eau récepteur) en termes de germes pathogènes et de nutriments et de minimiser les coûts d'extension de la station, moyennant une dépense faible, voire très faible tant en réalisation qu'en exploitation.

Si l'objectif est porté sur l'augmentation de la capacité de traitement on mettra plutôt en tête de station des filtres plantés à écoulement vertical de type premier étage de la filière FPR qui réduiront les charges en entrée de lagunes, en particulier les surcharges organiques, génératrices de dysfonctionnements des lagunes.

REFERENCES

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

EPA Facultative lagoons // Wastewater technology fact sheet. - 2001.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

MAGE42 Les lagunages : éléments de diagnostic [Rapport]. - [s.l.] : Conseil général de la Loire, 2007.

Paulus A Association lagunes - filtres plantés : premiers retours d'expérience [Article] // Technique Science et Méthodes. - [s.l.] : ASTEE, 2009. - 11.

Racault Y [et al.] Le lagunage naturel - les leçons de 15 ans de pratique en France [Rapport]. - [s.l.] : CemargrefEditions, 1997.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

OXYDATION PAR VOIE HUMIDE

Aucune information spécifique aux rejets des industries du secteur du déchet n'a été trouvée pour le traitement oxydation par voie humide.

L'oxydation par voie humide (OVH) est une technique chimique de dégradation qui décompose les molécules dans l'eau (en phase liquide) par oxydation non-sélective. L'oxydation peut s'effectuer en procédé batch ou en continu, et les principaux agents oxydants utilisés sont l'air ou l'oxygène.

C'est une réaction bi-phasique où l'oxydant se dissout dans la phase aqueuse pour y réagir avec la matière organique. Ce procédé se développe malgré des conditions opératoires sévères (température et pression très élevées) et des infrastructures coûteuses et difficiles à mettre en œuvre à l'échelle industrielle. Il est très efficace à la fois pour dégrader des composés organiques et des minéraux de façon ultime en eau, en dioxyde de carbone et en diazote.

L'OVH est plutôt employée en prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité de l'effluent en vue d'une dépollution biologique ultérieure. Les conditions de l'OVH sont alors moins sévères et deviennent plus abordables. Le procédé est également particulièrement adapté pour le traitement des eaux trop diluées pour être incinérées économiquement. (Crini, et al., 2007)

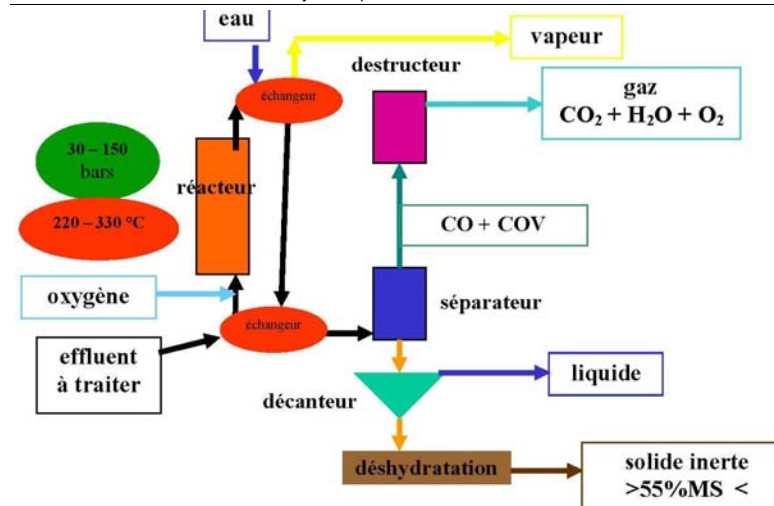
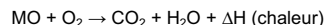
Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Sous secteurs traitant des déchets liquides ou des boues	HAP Pesticides PCB (si catalyseur) Organochlorés (si catalyseur) Cyanures Phénols Dioxines Anthracène Fluoranthène Naphtalène Ethylbenzène	Prétraitement afin d'augmenter la biodégradabilité. Généralement en amont d'un traitement biologique	Les concentrations supérieures à 100 000mg/l nécessitent d'être diluées ; Les charges en sels doivent être aussi faible que possible à cause du risque de corrosion ; Production de dioxines possibles si conditions défavorables.

DESCRIPTIF

L'oxydation par voie humide (ou OVH) est un procédé d'oxydation des effluents de stations d'épuration ou de procédés industriels à haute pression (30-150 b) et température élevée (220-330 °C).

L'OVH est mise en œuvre pour traiter les effluents à forte charge organique difficilement dégradable. L'agent oxydant est l'oxygène de l'air ou l'oxygène industriel.

La matière organique (MO) est transformée d'une part en gaz carbonique et en eau et d'autre part en composés organiques entièrement dégradables. Une très faible quantité de composés organiques difficilement dégradables est présente dans le résidu solide. Les proportions de ces divers composés dépendent de la composition de l'effluent à traiter et des paramètres d'exploitation.



Il semble par ailleurs que le fonctionnement de l'installation dans des conditions extrêmes de température et de pression exige l'utilisation d'équipements spécifiques résistants à ces conditions et à la corrosion (assez sévère).

Actuellement, peu de références sont disponibles pour juger de l'efficacité et des éventuelles contraintes de fonctionnement et de gestion de ce procédé.

Le procédé ZIMPRO® est le système OVH le plus utilisé dans le monde. Il a été initié par Zimmerman pour traiter les liqueurs noires d'usine de pâte à papier. Il est commercialisé depuis 2003 par le groupe Siemens et a pour caractéristiques générales : 100-250 °C ; 2-20 MPa ; sans catalyseur ; oxydant : air. (Boutin, et al., 2011)

DIMENSIONNEMENT

Ce procédé serait principalement applicable pour traiter de faibles volumes d'effluent, concentrés en pollution organique peu ou pas biodégradable et éventuellement au traitement de boues non valorisables.

Le dimensionnement est réalisé sur la base du temps de séjour dans le réacteur. Ce temps de séjour peut varier de 30 à 60 minutes en fonction des caractéristiques des effluents à traiter.

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre que cette technique est recommandée pour des débits modérés à important et des effluents fortement chargés en DCO.

SUBSTANCES ET SOUS-SECTEURS CONCERNES

Le traitement par OVH est une variante des procédés d'oxydation à hautes pression et température. Il peut être appliqué à toutes les substances oxydables organiques ou minérales.

Cependant, compte tenu des coûts élevés du traitement (à la fois en investissement et en frais de fonctionnement), sa mise en œuvre est actuellement très limitée (quelques rares références en France en réalisation ou en projet essentiellement dédiées au traitement de boues de stations d'épuration urbaines).

Cette technique fait actuellement l'objet d'un groupe de travail au sein du pôle de compétitivité Axelera (projet Rhodanos).

Employée essentiellement comme technique de pré-traitement, en amont d'un procédé d'adsorption au charbon actif ou de biotraitement. L'OVH traite les effluents liquides dont la pollution soluble (organique ou inorganique) est trop diluée pour l'incinération et trop toxique et/ou non-biodégradable pour le biotraitement (et qui risqueraient de perturber le procédé biologique)

Ce traitement ne semble donc pas adapté aux effluents du secteur du déchet (sauf déchet liquide) et trouve davantage d'applications dans le traitement : des boues de station d'épuration, des effluents industriels provenant d'usine de type chimique, pharmaceutique...

Substances Organiques

L'OVH assure la dégradation de nombreux polluants tels que les HAP, certains pesticides, les phénols, les cyanures, mais il nécessite l'apport de catalyseur pour dégrader les organochlorés et les PCB.

L'avantage de l'OVH réside dans l'acceptabilité des boues d'une siccité seulement supérieure à 4% et concentrées en matières organiques (70%), par exemple directement à la sortie des STEP. (Koller, 2009)

Anthracène - Fluoranthène - Naphtalène

L'oxydation par voie humide semble être l'une des meilleures techniques de traitement pour les micro-polluants (taux d'élimination de 99%) (RMC, 2010). Note de fiabilité : 3.

Ethylbenzène

Le procédé d'oxydation par voie humide est cité comme un traitement adapté aux polluants volatils. (Boeglin, J.L., 1998) dans (INERIS, 2006).

Naphtalène

Les meilleures techniques disponibles (MTD) pour éliminer les rejets de naphtalène sont l'oxydation par air humide et l'élimination biologique à l'azote [JRC, 2002 ; in Royal Haskoning, 2003c]. (INERIS, 2006)

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Ce procédé novateur est breveté. Il est difficile actuellement de disposer de données précises et fiables sur ses performances réelles ainsi que sur le coût du traitement (investissement).

A titre d'exemple, pour le traitement de boues de station d'épuration urbaines, l'investissement est estimé entre 800 k€ et 1 million €/tonne de matière sèche.

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES

ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- Oxydation complète des substances présentes
- Les eaux usées avec une concentration en DCO réfractaire élevée peuvent être traitées ;
- Les composés inorganiques peuvent être éliminés ou transférés dans des substances moins dangereuses.

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Procédé récent peu appliqué en traitement d'effluent industriel et sous licences ou brevets
- Pas adapté à la destruction d'effluents aqueux dilués (cas généralement des substances dangereuses visées)
- Faisabilité économique réservée à des cas particuliers (boues liquides, effluents concentrés)
- Fortes contraintes sur les matériaux (température et pression élevées)
- Validation de la faisabilité industrielle difficile pour un effluent donné (peu de pilotes)
- Fortes consommations d'énergie et d'oxygène
- Résidus liquides et solides à évacuer
- Production possible de dioxines

Selon le BREF du traitement des déchets, les tentatives d'utilisation de l'oxydation à l'air humide pour certains traitements des déchets ont souffert de problèmes liés à la charge de départ en déchets hétérogènes et variables et, en conséquence, il n'y a pas d'applications courantes dans les traitements des déchets. Toutefois, ils sont appliqués dans d'autres secteurs, car ils sont adaptés à des procédés dédiés ayant un flux de déchets spécifique sur site. (WT, 2006)

Si les conditions sont défavorables, la production ou la régénération de dioxines peut se produire. Un traitement aval est alors nécessaire : traitement biologique, adsorption ou stripping. (CWW, 2003)

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS il s'agit principalement d'une manière de traiter des déchets liquide ou des déchets présentant de fortes concentrations en matières organiques. Les lixiviats ou concentras peuvent éventuellement subir ce type de traitement après une évaporation en condition que les concentrations en sels ne soient pas problématique.

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS cette technique peut s'avérer intéressante s'il n'existe pas d'incinérateur à proximité, et si la construction d'un incinérateur pose trop de problème (changement de nomenclature ICPE par ex), une solution de traitement pour ces lixiviats ou concentrat peut être l'OVH.

Amélioration du procédé :

Des procédés en conditions supercritique sont actuellement développés pour la minéralisation des déchets liquide dangereux. C'est le cas du procédé d'oxydation hydrothermale supercritique d'Innoxeo (développée et brevetée par le CNRS) qui permet de dégrader les insecticides, PCB, virus. Les sous-produits peuvent être éliminés via des traitements physico-chimiques classiques. (Magazine, 2011).

La méthode d'oxydation hydrothermale est également une méthode efficace pour dégrader les dérivés halogénés ou les HAP. (Crini, et al., 2007)

Le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique site comme variante d'oxydation à l'air humide à haute pression la technique SCWO. Cette technique est employée pour les polluants à faible biodégradabilité et/ou toxicité élevée dans les industries chimiques, pétrochimique et pharmaceutique. Cette technique est également utilisée dans le traitement des boues industrielles et municipales. Les taux de performances suivants peuvent être atteints. (CWW, 2003)

Paramètre	Taux de performance (%)	Remarques
Composés organiques	>99	
PCB 1234	99,99 ¹	510°C ; 3,7 min
PCB 1254	99,99 ¹	510°C ; 3,7 min
Dioxines	>99,99 ¹	574°C ; 3,7 min
¹ [cww/tm/27]		

Tableau : taux de performances pouvant être atteints avec la technique SCWO. Source : (CWW, 2003)

REFERENCES

Boutin Olivier et Ferrasse Jean-Henry Procédés d'oxydation en voie humide [Ouvrage]. - [s.l.] : Technique de l'ingénieur, 2011. - Vol. CHV6030.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS NAPHTHALENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD / L'USINE NOUVELLE, 2009. - Vol. 2ème édition.

Magazine Environnement innov'eco développe l'oxydation hydrothermale supercritique [Article] // Environnement Magazine. - Novembre 2011. - 1702.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.

OXYDATION-REDUCTION CHIMIQUE

Les seules données relatives aux rejets des industries du secteur du déchet concernent le lavage chaudière humide pour le CrVI.

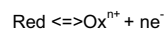
L'oxydoréduction est une opération par laquelle on ajoute à une eau contenant une substance polluante à caractère oxydant ou réducteur une quantité suffisante soit d'un réducteur, soit d'un oxydant, de manière à réaliser un échange électronique complet entre les deux constituants. (Koller, 2009)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
L'oxydation-réduction chimique ne semble pas être une technique de traitement adaptée au secteur du déchet (sauf lors des arrêts techniques notamment pour le lavage chaudière humide pour le CrVI)	Dichloroéthane Dichlorobenzène Cyanure Chrome Tétrachlorure de carbone	Prétraitement d'un traitement biologique Eventuellement traitement de finition pour enlever des substances réfractaires.	Performances dépendantes du pH et du Eh : contrôle strict nécessaire. L'agitation doit être excellente.

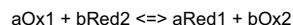
DESCRIPTIF

Les réactions d'oxydo-réduction sont utilisées pour modifier l'état physique de certains composés pour les rendre insolubles ou non toxiques. Ces réactions (principalement l'oxydation) peuvent également dégrader les substances organiques pouvant par ailleurs présenter une mauvaise biodégradabilité.

Certains composés se présentent sous forme oxydée ou réduite et passent de l'une à l'autre par gain (réduction) ou perte (oxydation) d'électrons. Un système formé d'un accepteur ou d'un donneur d'électrons entre lesquels peut s'effectuer un transfert d'électrons de sorte qu'un des corps s'oxyde, tandis que l'autre est réduit, est appelé système oxydo-réducteur.



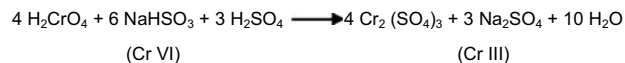
Le passage d'un élément d'une forme à l'autre se fait le plus souvent par utilisation d'un autre corps présentant lui-même les deux formes suivant la formule:



Oxydation / réduction des espèces minérales :

En pratique, le traitement consiste à ajouter à une eau contenant une substance à caractère oxydant ou réducteur, une quantité suffisante soit d'un réducteur soit d'un oxydant de manière à réaliser un échange électronique complet entre les deux composés. Ces réactions chimiques sont mises en œuvre en particulier dans le traitement de détoxification des effluents de galvanoplastie pour :

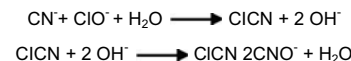
- La **réduction** des chromates (CrVI) par le métabisulfite de sodium en milieu acide en chrome trivalent (CrIII) précipitable sous forme d'hydroxyde, selon la réaction suivante :



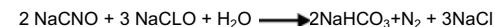
Dans les UIOM, cette réduction du CrVI se fait avant traitement en physico-chimique lors d'un lavage chaudière.

- L'**oxydation** en milieu basique par le chlore ou les peracides des cyanures (CN-) en cyanates (CNO) puis CO₂ et Azote gazeux.

L'oxydation au chlore (ou composés du chlore) est le traitement le plus utilisé, selon les réactions suivantes :



Avec un excès d'eau de Javel on aboutit à :



Dans d'autres secteurs industriels, le traitement des sulfures peut également s'envisager par oxydation.

Oxydation de la pollution organique :

Selon le même principe réactionnel la pollution à dégrader joue le rôle de réducteur et est oxydée par un réactif oxydant. Les réactions génèrent des ruptures de liaisons chimiques au sein des molécules (les liaisons les plus faibles, moins énergétiques, sont cassées prioritairement). Les composés sont dégradés en molécules de taille inférieure et à l'extrême peuvent être totalement minéralisés.

Ce procédé peut être envisagé en prétraitement (d'un étage biologique par exemple, l'oxydation améliorant la biodégradabilité des substances présentes) ou en traitement de finition (dégradation des molécules réfractaires au traitement principal ou à l'état résiduel).

DIMENSIONNEMENT

Exemple de la décyanuration / déchromatation

Cas appliqué aux effluents de traitement de surface :

Le dimensionnement des installations de déchromatation et de décyanuration doit tenir compte du temps de contact (ou de séjour) entre le réactif et l'effluent et des conditions de pH et d'oxydoréduction du milieu réactionnel :

- Pour le traitement du chrome au bisulfite de sodium, les conditions suivantes doivent être respectées :
 - Le temps de contact minimum dans le réacteur est de 15 minutes mais généralement, il est de 20 à 30 minutes,
 - Le pH du milieu réactionnel doit être compris entre 1,8 et 2,5.
- Pour le traitement des cyanures au chlore, les conditions suivantes doivent être respectées :
 - Le temps de contact dans le réacteur est généralement de 1h à 1,5h,
 - Le pH du milieu réactionnel doit être supérieur à 12 (pour éviter le dégagement de CNCl très toxique).

Oxydation chimique de la pollution organique :

Ce procédé peut recourir à divers réactifs oxydants comme l'ozone, le chlore gazeux, l'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène), l'eau de Javel (hypochlorite de sodium).

Pouvoir oxydant : ozone > eau oxygénée (H₂O₂) > chlore gazeux > eau de Javel > oxygène.

Le principe d'oxydation à l'ozone (ozonation) fait l'objet d'une fiche spécifique et n'est pas abordé ici.

Les temps de contact nécessaires et les conditions opératoires peuvent être déterminés en laboratoire ou sur pilote. Ils dépendent des molécules à dégrader et de la nature des liaisons chimiques à rompre par oxydation. Certaines liaisons chimiques ne peuvent être rompues que sous des conditions particulières (hautes températures, hautes pressions, présence d'un catalyseur, pH, combinaisons d'oxydants, couplage avec une irradiation par UV) pas toujours transposables à l'échelle industrielle.

Le réactif de Fenton (fer ferreux + H₂O₂ en milieu acide) est un réactif d'oxydation classique, très souvent testé au stade du laboratoire mais rarement transposé à l'échelle industrielle car ce procédé nécessite des concentrations stables en polluants et génèrent des boues (fer).

Le passage à l'échelle industrielle est à rechercher en priorité avec un réactif bon marché, en présence d'un catalyseur non polluant (retenu dans le réacteur), dans des conditions de pH et de température modérées.

SUBSTANCES CONCERNEES

Les procédés d'oxydoréduction des espèces minérales sont souvent appliqués pour éliminer le chrome (déchromation) et les cyanures (décyanuration) de certains effluents des industries du traitement de surface. L'élimination de ces composés passe d'abord par une étape de réduction (chrome) ou d'oxydation (cyanure) puis une étape de précipitation des métaux sous forme d'hydroxyde avant la clarification de l'eau traitée (décantation). **Dans le cadre de l'étude, seul le chrome est concerné.**

Les procédés d'oxydation des espèces organiques peuvent concerner l'ensemble des substances organiques dangereuses, à des niveaux de performances variables.

Quatre niveaux de traitabilité peuvent être évoqués :

- Composés facilement oxydables (65 à 100%) : amines, composés aromatiques, tanins, organo-stanniques,
- Composés moyennement oxydables (30 à 65%) : alcools, dichloroéthane, dichlorobenzène,
- Composés difficilement oxydables (15 à 30%) : acides carboxyliques, hydrocarbures insolubles,
- Composés réfractaires : pentachlorophénol, tétrachlorure de carbone.

Arsenic

Dans l'industrie de production du plomb, l'arsenic est éliminé par oxydation par la réaction de l'arsenic avec une solution de nitrate de sodium et de soude caustique suivie d'un écrémage mécanique. (INERIS, 2005)

Aclonifen (Zaouak, et al., Février 2011)

Oxydation anodique

Une étude d'oxydation électrochimique (anodique) de l'aclonifen a été réalisée par une équipe en tunisienne. Elle montre que l'ultime composé issu de l'oxydation est un dimère azoté, le groupement amine étant le site préférentiel des échanges d'électrons.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Selon (RMC, 2010) en dehors du secteur de traitement de surface, des tanneries ou des mines pour l'oxydation / réduction des polluants minéraux, les secteurs suivants sont susceptibles d'être concernés par l'oxydation de la pollution organique : chimie, pharmacie, papeterie, cosmétique, pétrochimie, électronique, pétrochimie, raffinerie.

L'oxydation-réduction chimique ne semble pas être une technique de traitement adaptée au secteur du déchet.

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Cas du traitement de détoxification (traitement de surface, tanneries) :

Débit à traiter	Investissement (k€) Hors bâtiment
< 1 m ³ /h	Traitement discontinu : 20 -50
1 à 10 m ³ /h	50 -100
10 à 20 m ³ /h	100 -150

Cas du traitement d'oxydation de la pollution organique :

Il n'y a pas de coûts standards pour ce type de procédé, qui demande en général moins d'investissements qu'une installation d'ozonation (procédé concurrent).

A titre d'exemple – Oxydation catalysée à l'H₂O₂, double étage avec réchauffage et régulation du pH, temps de séjour 1/2h :

Débit à traiter	Investissement (k€) Hors bâtiment
5 m ³ /h	750

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1ère approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- L'oxydation chimique est le traitement de base du chrome notamment, mais nécessitant une étape de finition vu les teneurs résiduelles visées
- Oxydation chimique applicable à l'ensemble des substances organiques mais avec des performances ou des conditions opératoires pouvant varier dans de larges proportions
- Simplicité du principe
- Possibilité de couplage de plusieurs techniques d'oxydation (réactifs combinés, ozonation, UV) pour atteindre les objectifs
- Souplesse de fonctionnement

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Nécessité de tests de faisabilité en laboratoire avec évaluation de la cinétique des réactions en jeu
- Peu de retour d'expérience en traitement de la pollution à très faible teneur (10500µg/l) - Dans ces conditions les cinétiques de réaction seraient très faibles et difficiles à amorcer, réduisant donc la faisabilité pour un traitement en finition
- Certaines substances réfractaires au traitement
- Procédés onéreux en exploitation si l'oxydant retenu n'est pas bon marché et si les conditions de fonctionnement sont exigeantes (catalyseur à renouveler, température et pH) ou également dans le cas d'une pollution globale importante consommatrice en oxydant (ammonium par exemple)
- Risques de formation de produits intermédiaires aux caractéristiques polluantes différentes voire toxiques
- Les réactifs d'oxydation sont dangereux.
- Des installations de stockage doivent être prévues pour les acides et les bases, en tenant compte de la dangerosité de ces substances

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Les procédés d'oxydation avancés sont présentés dans la fiche relative aux traitements à l'ozone.

REFERENCES

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

INERIS Plomb [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - 2011. - http://rsde.ineris.fr/fiches_technico.php.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD / L'USINE NOUVELLE, 2009. - Vol. 2ème édition.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Zaouak Amira, Matoussi Fatma et Dachraoui Mohamed Electrochemical Study of Diphenyl Ether Derivatives Used as Herbicides [Article] // International Journal of Electrochemistry. - Février 2011. - Article ID 904570 : Vol. Volume 2011. - p. 6.

OXYDATION THERMIQUE - INCINERATION

Les données sur le traitement des rejets des industries du secteur du déchet par oxydation thermique/incinération ne concernent pas les substances dangereuses.

Les informations relatives au traitement par voie thermique d'effluents liquides contenant des substances dangereuses sont principalement celles issues du BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique.

L'incinération des effluents aqueux est définie comme l'oxydation par l'air des polluants organiques et inorganiques des eaux usées, et l'évaporation simultanée de la phase aqueuse, à pression atmosphérique et avec une température comprise entre 730°C et 1200°C. (CWW, 2003)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Sous-secteurs engendrant des composés organique-volatils ; Sous-secteur 3.1 : regroupement, prétraitement des déchets dangereux ; Sous-secteur 3.3 : UIOM	2,4,6 Trichlorophenol Anthracène Fluoranthène Naphtalène Nonylphenols Octylphenol Ethylbenzène Trichloroéthylène PFO's et acides HBCDD	Traitement d'épuration secondaire	La présence de MES et sels peut obstruer les injecteurs. N équipement approprié est nécessaire ; La présence d'halogènes et de soufre nécessite un traitement particulier des gaz.

DESCRIPTIF

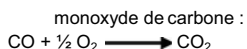
L'oxydation consiste à transformer les composés (molécules) potentiellement nuisibles ou toxiques à l'état de CO₂ et H₂O moins nuisibles en utilisant l'oxygène de l'air comme oxydant.

Tous les composés organiques volatiles peuvent être transformés par oxydation totale en composés inorganiques. Cependant, en présence d'autres atomes comme l'azote, le chlore ou le soufre, des polluants secondaires tels que NO, HCl, SO₂ ou chlore gazeux peuvent se constituer. Il faudra alors tenir compte de ces polluants secondaires et prévoir leur traitement.

L'oxydation des hydrocarbures (C_mH_n) se déroule suivant la réaction chimique de base :



Exemples :



La réaction d'oxydation n'étant pas instantanée, il est nécessaire de porter le mélange de polluants et d'air à une température requise pendant une durée suffisante pour que la réaction s'opère et pour oxyder les polluants.

L'efficacité du traitement et ces performances sont liées au respect de la règle des trois T :

Température :

Elle doit être supérieure à la température d'auto inflammation du polluant à oxyder (> 750°C pour une oxydation thermique) mais pas trop élevée pour limiter la production des NOx.

L'utilisation d'un catalyseur à base de métaux précieux (platine, palladium, rhodium) ou d'oxydes métalliques (oxydes de Cr, Fe, Mo, W, Mn, Co, Cu ou Ni) dans la chambre de combustion permet d'abaisser l'énergie d'activation, de travailler à des températures plus faibles que dans le cas d'oxydation thermique (250-400°C au lieu de 750 – 800°C) et de limiter ainsi la consommation d'énergie.

Turbulence :

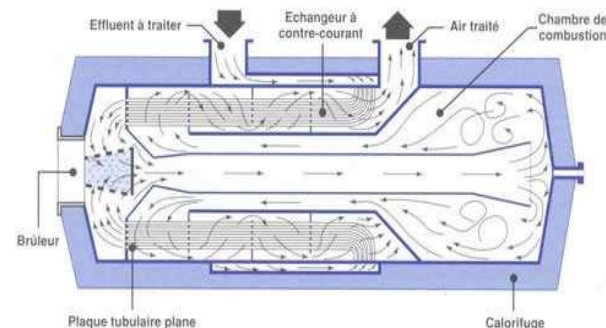
Le mélange entre les polluants et l'oxygène nécessaire à la réaction (> 16%) doit être le plus homogène possible. Ceci évite la formation de point froid.

Temps de séjour :

Le temps de séjour des gaz à la température requise doit être suffisant (0.5 à 1.5 sec).

L'oxydation est souvent réalisée dans un incinérateur composé des principaux équipements suivants :

- Une chambre de combustion, avec ou sans lit de catalyseur, où a lieu l'oxydation,
- Un brûleur alimenté par un gaz d'appoint nécessaire au maintien de la température d'oxydation,
- Un système d'échange thermique permettant d'utiliser l'énergie produite lors de l'oxydation des COV pour réchauffer l'effluent à traiter.



DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement est réalisé en fonction du débit d'air et du temps de séjour dans l'incinérateur.

Le débit des flux d'eaux usées qui peuvent être incinérées est compris entre 2 et 30m³/h avec des concentrations en DCO comprises entre 50 000 et 100 000 mg/l. Les concentrations inférieures nécessitent l'ajout de combustible supplémentaire. (CWW, 2003)

SOUS-SECTEURS CONCERNES

L'oxydation thermique peut être appliquée dans le traitement d'effluents provenant de différents secteurs d'activité mettant en œuvre des composés organiques volatiles.

Dans le cadre de l'étude, ce type de traitement peut être mis en œuvre après une étape de stripping, sur les gaz de désorption thermique d'une installation de traitement au charbon actif ou pour des effluents concentrés.

Il peut être appliqué dans les sous-secteurs suivant :

- Tout secteur engendrant des composés organiques volatiles,
- Regroupement, prétraitement des déchets dangereux,
- UIOM (les eaux usées sont considérés comme une alimentation additionnelle)

La mise en place d'un incinérateur sur site doit être réservée aux établissements produisant de grandes quantités d'effluents concentrés en solvants divers (pour un solvant unique, un recyclage peut être étudié).

L'incinération trouve également son utilité dans le cadre de la gestion des déchets dangereux. Les centres d'incinérations spécialisés peuvent accepter les déchets liquides suivants (Nogarette, et al., 2006) :

- Solvants usagés (chlorés ou non) ;
- Eaux polluées (lavages de process chimique...) ;
- Acides organiques ;
- Cyanures pulvérulents ;
- ...

L'incinération des eaux usées est préférée aux autres techniques de traitement dont le but est le même, lorsque celles-ci ne fonctionnent pas ou ne sont pas économiquement viables.

SUBSTANCES CONCERNEES

L'oxydation thermique peut être appliquée à tous les composés organiques volatiles. Sa mise en œuvre nécessite une étape préalable de séparation et de collecte de ces composés sous forme gazeuse (stripping ou désorption du charbon) avant de les injecter dans l'incinérateur.

Si les effluents sont concentrés en d'autres substances non COV il est préférable de les incinérer directement sans en extraire préalablement les COV.

L'incinération est un procédé largement utilisé pour les eaux à forte DCO (supérieures à 200 g L⁻¹). (Crini, et al., 2007)

Il faut toutefois préciser que ce traitement n'est économiquement viable que pour des concentrations élevées en polluant. On le réserve en général quand la récupération d'effluents concentrés en polluants particuliers est possible. Dans ce cas, pour de petites quantités l'évacuation sous forme de déchets liquides vers un centre spécialisé doit être privilégiée.

Substances organique

Selon (RMC, 2010), l'oxydation thermique est efficace pour le traitement des substances organiques suivantes

- **2,4,6 Trichlorophenol** ;
- **Anthracène** ;
- **Fluoranthène** ;
- **Naphtalène** (Note fiabilité : 2) ;
- **Nonylphenols** ;
- **Octylphenol** ;

1,2-dichloroéthane (INERIS, 2011)

Le dichloroéthane est récupéré à partir des effluents industriels par une distillation à deux étapes. Ces effluents sont alors incinérés (McPherson et al., 1979), l'efficacité de la destruction est alors estimée à 99,99 % (US EPA, 1986).

Ethylbenzène

Traitement combiné stripping – incinération (INERIS, 2006)

Cette technique est citée comme adaptée aux polluants organiques (Boeglin, J.L., 1998). Les produits issus du stripping sont détruits par combustion dans un four. Ce procédé est particulièrement efficace pour les hydrocarbures aromatiques (BTX) pour lesquels on peut atteindre 99% de rendement. Le coût d'une telle installation est de 4 à 5 millions d'€ (exemple d'une raffinerie avec un traitement par stripping d'eau de 30 m³/h).

Traitement par incinération (HSDB, 2005)

L'éthylbenzène est un bon candidat pour :

- l'incinération par injection liquide à des températures comprises entre 650°C à 1 600°C, avec un temps de séjour de 0,1 à 2 secondes,
- l'incinération en four rotatif à des températures comprises entre 820°C et 1 600°C, avec des temps de séjours de quelques secondes pour les liquides et les gaz, et de quelques heures pour les solides,
- l'incinération par lits fluidisés à des températures de 450 à 980°C, et des temps de séjour de quelques secondes pour les liquides ou les gaz, et plus longtemps pour les solides.

Trichloroéthylène

D'après le site internet « le guide des déchets dangereux 1 », l'incinération s'applique également aux déchets liquides. Selon un centre d'incinération spécifique aux déchets dangereux, l'incinération de la substance peut coûter de 380 à 950 € la tonne, suivant la concentration en chlore. Les prix prennent en compte la teneur en éléments indésirables des déchets et leur pouvoir calorifique.

Traitement par récupération des concentrées et incinération

Ce mode de traitement est adapté quand la récupération de solvant usagé est possible. En effet pour des questions économiques il est impératif de limiter les volumes à évacuer. Par contre ce mode d'élimination pose quelques problèmes notamment lorsque la teneur en chlore dépasse 2%. Dans ces cas, le traitement doit avoir lieu dans des installations équipées de dispositifs de neutralisation des gaz acides. Ce traitement s'applique aux déchets solides et aux déchets aqueux. Note fiabilité : 3 (RMC,2010)

PFO's et acides

Selon la société 3M (citée par UNEP 2006) la seule condition connue dans laquelle le PFOS se dégrade est l'incinération à haute température dans certaines conditions. (INERIS, 2010).

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre que les PFOs, ne sont pas détruits à 900°C. La température nécessaire est de l'ordre de 1300 °C. Une bonne pratique serait de réussir à concentrer d'une manière ou d'une autre ces PFOs afin de pouvoir les traiter en à 1300°C .

HBCDD

Traitement combiné, concentration dans les boues - incinération

Selon (INERIS, 2011) le piégeage des matières en suspension dans les stations d'épuration permet d'augmenter la concentration d'HBCDD dans les boues et ainsi diminuer sa concentration dans les rejets directs au milieu aquatique. Ces mesures doivent être accompagnées d'une fermentation anaérobie optimale et/ou une incinération des boues afin de réduire l'ensemble des rejets en HBCDD dans l'environnement (Norden, 2008).

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Le coût d'investissement dépend essentiellement du débit (d'effluent gazeux) à traiter et de l'intégration ou non du traitement amont et aval dans le budget global. En fonction du type d'incinérateur l'enveloppe budgétaire à engager peut être estimée à :

Système non catalytique : 50-70 k€/m³/h dont 40 – 55 €/m³.h pour l'incinérateur

Système catalytique : 40 -60 k€/m³.h dont 35 -50 €/m³.h pour l'incinérateur.

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1ère approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- Peut s'appliquer en traitement de la phase gazeuse d'un stripping (pour les flux suffisamment importants)
- Elimination de presque tout le contenu organique, même si la teneur est élevée ;
- Elimination des polluants également possible si la concentration en sels est élevée.

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Coût d'installation
- Pas adapté à la destruction d'effluents aqueux dilués (cas généralement des substances dangereuses visées)
- A réserver aux cas de pollution très concentrée et apportant un pouvoir calorifique (surtout en traitement sur site). Remarque : Souvent les effluents sont d'abord concentrés puis le concentrat est incinéré ce qui évite d'apporter de l'énergie pour évaporer de l'eau
- Maîtrise totale du pouvoir calorifique de l'alimentation
- Risque de consommation énergétique démesurée avec des effluents aqueux (complément en gaz naturel ou autre combustible)
- Externalisation souhaitable en co-incinération avec des effluents à pouvoir calorifique plus important

Souvent les effluents sont d'abord concentrés puis le concentrat est incinéré ce qui évite d'apporter de l'énergie pour évaporer de l'eau

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Selon le retour d'expérience d'Arcadis, le traitement par oxydation thermique/incinération n'est pas adapté pour les organochlorés. En effet ce procédé utilise de façon quasi-systématique des échangeurs de chaleurs (Cf. schéma descriptif) donc des zones idéales pour former des dioxines. Ceci engendrerait la création d'un autre problème au niveau de l'installation.

Selon le BREF sur les systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique, l'incinération des eaux usées produit des effluents gazeux qui en fonction de leurs compositions, peuvent nécessiter un traitement supplémentaire ce qui génère des eaux usées et des déchets solides supplémentaires.

Des phénomènes de corrosion peuvent également apparaître si du Bore est présent.

REFERENCES

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS HEXABROMOCYCLODODECANE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Nogarette Jean-François et industries SARP Mémento technique des déchets dangereux : gestion des déchets spéciaux [Ouvrage]. - 2006. - Vol. 1 : p. 179.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

PERVAPORATION

Aucune information spécifique aux rejets des industries du secteur du déchet n'a été trouvée pour le traitement par pervaporation.

Le mélange de liquide à séparer, porté à une température suffisante, est recouvert d'une membrane au-dessus de laquelle on fait le vide ; une évaporation se produit à travers la membrane, seules les vapeurs solubles dans la membrane pouvant transférer, la sélectivité est donc essentiellement due à la nature chimique de la membrane et à son pouvoir de solvation. Le perméat est vaporisé puis condensé sur une paroi froide mais, contrairement à la distillation, seule une faible partie de la charge subit ce changement d'état. Il en résulte que ce mode de séparation est plus écologique en énergie que la distillation.

L'exploitation de cette spécificité implique naturellement que la pervaporation soit essentiellement mise en œuvre en tant que procédé d'épuration.

Dès lors, les domaines principaux d'application se limitent exclusivement à la déshydratation des solvants : éthanol, isopropanol, etc Les membranes industrielles doivent assurer un flux de pervaporation le plus élevé possible. (Koller, 2009)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Aucun sous-secteur du déchet ne semble concerné par cette technique	COV Tétrachlorure de carbone	Traitement d'épuration	Pas de données bibliographiques trouvées concernant des interférences possibles pour le traitement par pervaporation

DESCRIPTIF

La pervaporation est un procédé de séparation des constituants d'un mélange liquide, par vaporisation partielle à travers une membrane dense présentant une affinité préférentielle pour l'un des constituants

Le principe de séparation repose sur une différence d'affinité chimique du matériau des membranes envers les divers constituants du mélange.

Ce procédé met en jeu 3 étapes principales :

- l'adsorption en face amont de la membrane,
- la diffusion d'un soluté en phase liquide à travers la membrane,
- la désorption en phase gazeuse sur la face aval.

Le composant à extraire est vaporisé à travers la membrane, puis collecté à très basse pression dans un récipient sous vide. Le perméat est ensuite condensé et évacué. La force de transfert est ici la différence des pressions de vapeur du ou des composants perméés entre la face amont et la face aval de la membrane.

Les membranes de pervaporation sont des membranes organiques denses. Elles sont essentiellement de deux types : hydrophiles ou organophiles.

- Les membranes hydrophiles ont une forte affinité pour l'eau qui les traverse bien plus facilement que les matières organiques préférentiellement retenues. Elles sont donc utilisées pour déshydrater des solvants organiques,

- Les membranes organophiles ont une affinité pour les molécules organiques bien plus forte que pour l'eau, qui dans ce cas, est majoritairement retenue. Elles sont donc utilisées pour extraire des composés organiques dilués de milieux aqueux.

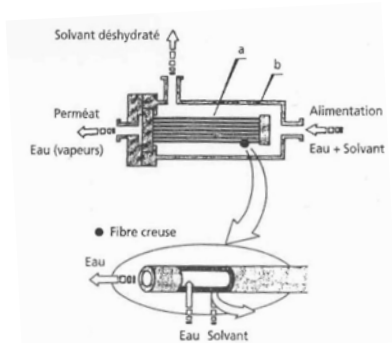


Figure : Structure d'un module de pervaporation
a : faisceau de fibre. b : module.

DIMENSIONNEMENT

Pour dimensionner une installation de pervaporation, il faut tout d'abord disposer d'une description expérimentale des caractéristiques de la membrane utilisée. Ces caractéristiques seront exprimées sous forme de lois mathématiques heuristiques décrivant au mieux le flux de pervaporat J_p et le facteur d'enrichissement b en fonction de la composition de la charge et de la valeur de la température au voisinage de la membrane :

$$\text{flux} = J_p(C, T) \text{ et sélectivité} = b(C, T)$$

Deux modes de fonctionnement sont envisageables selon les besoins de la production : procédés continus et procédé batch. (Clément, et al., 2001)

Remarque : une unité de pervaporation est caractérisée par la sélectivité des membranes, indiquant la capacité du matériau membranaire à séparer un mélange de produits, et par la densité de flux de perméat à travers la membrane. Généralement, elle est de quelques centaines de gramme à quelques kilogrammes par mètre carré de membrane.

Le choix des membranes et le dimensionnement de l'installation nécessitent la réalisation d'essais de traitement.

SUBSTANCES CONCERNEES

D'une manière générale les principales applications de la pervaporation concernent

- Déshydratation de solvants neutres et de mélanges de solvants (alcools, esters, cétones, etc),
- Déshydratation à partir d'amines et de mélanges d'amines (TEA, pyridine...)
- Déshydratation à partir d'acides organiques ou de mélanges contenant des acides organiques,

On trouve également des applications dans le traitement des effluents:

- Traitement des effluents, la dépollution des effluents aqueux,

- Séparation des solvants organiques contenus dans l'eau, pour la récupération et le recyclage des eaux qui contiennent des solvants,
- L'épuration et le recyclage des solvants contenus dans l'eau provenant de cabines de peinture, ayant subi au préalable une floculation visant à séparer les solides contenus.

COV - Tétrachlorure de carbone (RMC, 2010)

Dans le cadre de notre étude la pervaporation est considérée comme une nouvelle technique de traitement de l'eau contaminée par les COV ; toutefois, nous ne disposons d'aucune information sur l'élimination du tétrachlorure de carbone en particulier (Lipski et Cote, 1990; Uragami et coll., 2001).

Tributylphosphate (RMC, 2010)

Cette technique a été testée et présente de bons résultats. Toutefois elle reste une technique émergente pour laquelle il n'y a que peur de recul (Westinghouse Savannah River Compagny). Note fiabilité : 1

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Ce procédé est peu mis en œuvre dans le traitement des eaux. Il est toutefois cité dans certaines publications des procédés par pervaporation pour le recyclage ou la concentration de solvants contenus dans des eaux de lavages ou des déchets. Cette technique pour le traitement des eaux est donc peu maîtrisée (RMC, 2010)

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS, la pervaporation ne trouve aucune application dans le traitement des eaux issues du secteur du déchet. Ce type de traitement trouve son intérêt lorsque la récupération d'un produit présent dans l'effluent est un objectif du traitement.

La pervaporation permet essentiellement deux types d'application : la déshydratation de solutions organiques ou l'extraction de solvants organiques en solution dans l'eau. Elle est donc essentiellement utilisée dans l'industrie chimique, pétrochimique et pharmaceutique. (ADEME, 2006)

Sa grande capacité à concentrer, en un seul passage, des espèces diluées (domaines de teneurs massiques allant de quelques pourmille à quelques pour-cent) en font une technique de choix pour extraire des polluants ou pour recycler des molécules diluées dans des effluents de procédé (dépollution ou valorisation). (Clément, et al., 2001)

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

La pervaporation est un procédé plutôt récent (datant de 1980) couvert par de nombreux brevets. De ce fait, il est difficile de trouver des données précises concernant le dimensionnement des installations, les performances et le coût du traitement, surtout pour une application en traitement des effluents aqueux.

La consommation énergétique de la pervaporation varie de 10 à 150 kWh/m³. Pour des applications industrielles typiques, la consommation d'énergie est divisée par 4 par rapport à la distillation.

La pervaporation est donc avantageusement utilisée en couplage de procédés, par exemple avec une distillation pour casser un azeotrope, en remplacement d'une distillation avec tiers corps. Des exemples industriels ont montré que la pervaporation permet des économies de l'ordre de 40 à 60 % sur les coûts de fonctionnement du procédé (essentiellement des coûts énergétiques), pour un coût d'investissement identique ou légèrement supérieur. (ADEME, 2006)

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- Applicable aux COV en concentrations importantes (RMC, 2010).

Selon un rapport de l'ADEME, la pervaporation possède également un certain nombre d'avantages parmi lesquels on peut citer (ADEME, 2006):

- la faible consommation d'énergie (par rapport à une distillation puisque seule la fraction du liquide extraite est vaporisée) de 10 à 150 kWh/m³,
- la flexibilité et possibilité de compacité de l'installation (modulaire),
- la pureté des produits obtenus et l'absence d'émissions polluantes,
- la simplicité de conduite et de contrôle.

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Peu développé en épuration des effluents aqueux (plutôt en récupération de solvants en teneurs importantes)
- Peu recommandé pour le traitement des polluants en faible teneur
- Faisabilité non établie pour l'obtention de teneurs résiduelles faibles (1-100µg/l)
- Procédés particuliers couverts par des brevets

Selon un rapport de l'ADEME, la pervaporation possède également un certain nombre d'inconvénients essentiellement liés à la jeunesse du procédé (ADEME, 2006):

- le coût d'investissement qui peut être plus élevé que les techniques concurrentes (distillation, adsorption sur tamis moléculaire),
- le choix de membranes industrielles encore insuffisant et ne couvrant pas tous les types de séparations,
- la nécessité d'entreprendre des essais préalablement à tout dimensionnement pour caractériser l'ensemble membrane / module / produit,
- la sensibilité des membranes à la variation de composition du liquide à traiter.

Les modules industriels de pervaporation sont encore très souvent de forme plane (membranes GFT). Cependant quelques tentatives ont été faites avec des modules à enroulement spiralé (Texaco et membranes MTR) ou avec des modules de fibres creuses (Tokuyama Soda). Ces différents types de modules possèdent les avantages et inconvénients résumés dans le tableau suivant. (ADEME, 2006)

Forme du module	Avantages	Inconvénients
Plan	bonne hydrodynamique préparation des membranes support inerte	faible densité de surface importante infrastructure montage délicat
Spirales	autoporté densité de surface améliorée moindre coût	pertes de charge et polarisation remplacement des membranes difficilement réalisable

Fibres creuses	autoporté densité de surface améliorée moindre coût traitement de grands volumes à faibles teneurs	pertes de charge et polarisation remplacement des membranes difficilement réalisable résistantes des colles variables selon les milieux
-----------------------	---	--

La pervaporation n'est réellement efficace que si le composé à séparer est en quantité faible dans le flux à traiter. (ADEME, 2006)

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

La science de la pervaporation ne compte que très peu d'études publiées intégrant les aspects procédés et les aspects technico-économiques. Ce manque constitue un frein à l'expansion et surtout à la diversification de cette méthode de séparation qui doit disposer d'un cahier des charges précisant les objectifs à atteindre, en termes de flux et de sélectivité, pour orienter efficacement la recherche de matériaux adaptés à toute séparation nouvelle. (Clément, et al., 2001)

Selon le retour d'expérience ARCADIS, si le stripping n'est pas envisageable pour le problème de l'air à traiter, la pervaporation peut constituer une solution de remplacement.

REFERENCES

Westinghouse Savannah River Compagny [Section] / auteur du livre Pierce R.A..

ADEME La pervaporation [Rapport]. - 2006.

Clément Robert et Jonquieres Anne Pervaporation [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés, 2001. - Vol. J 2820.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD / L'USINE NOUVELLE, 2009. - Vol. 2ème édition.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

PHYTOREMEDIATION

Aucune information spécifique aux rejets des industries du secteur du déchet n'a été trouvée pour le traitement par phytoremediation. Les données partiellement disponibles concernent l'application de phytoremediation aux stations d'épuration et au traitement des eaux urbaines.

Certaines plantes et végétaux sont capables d'adsorber des éléments métalliques et des molécules organiques présents dans le sol ou dans des effluents contaminés.

La phytoremediation regroupe toutes les technologies utilisant les plantes pour transformer, dégrader, concentrer, stabiliser ou volatiliser des polluants. Il s'agit d'une technologie scientifiquement complexe. (Koller, 2004)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Sous-secteurs susceptibles de rejeter des effluents contenant des métaux et certains composés organiques ; Utilisé dans le cadre du traitement des lixiviats d'installation de stockage.	Arsenic Zinc Plomb Mercure Nickel Cuivre Cadmium Chrome BTEX Atrazine Tetrachloroéthylène Trichloroéthylène Phénols Solvants chlorés	Traitement de finition ; Traitement en aval d'une station de traitement	Aucune information relative à des interférences sur le rendement final trouvé dans la bibliographie consultée

DESCRIPTIF

La phytoremédiation consiste à utiliser des plantes pour traiter ou stabiliser les polluants dans les sols, ou pour traiter les eaux usées. Suivant différents processus : dégradation, transformation, volatilisation ou stabilisation. D'une manière générale, les composés inorganiques sont immobilisés ou extraits alors que les composés organiques sont dégradés.

Il existe différents type de phytoremédiation :

Phytoextraction :

Les plantes sont utilisées pour extraire les polluants (essentiellement les métaux biodisponibles) et de les stocker dans leur biomasse, de préférence dans les parties récoltables (transfert vers les parties aériennes). Les plantes sont par la suite récoltées et incinérées. Certaines plantes hyper-accumulatrices ont été mises en évidence.

Phytostabilisation :

Elle consiste à réduire la mobilité des polluants essentiellement métalliques par absorption et précipitation et de prévenir, ainsi leur migration (biodisponibilité, lessivage, réenvols ...). La stabilisation a lieu essentiellement dans les racines et dans les zones périphériques des racines.

Cette technologie est particulièrement adaptée pour la réhabilitation des sites présentant des problématiques de réenvois de sols de subsurface (terris, sols nus, décharges ...).

Hytodégradation :

Certaines plantes ont la capacité de dégrader certains composés organiques par les enzymes produites dans leur métabolisme. Cette dégradation peut avoir lieu dans la plante (ce qui suppose alors l'adsorption du contaminant au préalable), ou en dehors de la plante via la production d'enzyme extra-racinaire (exsudats).

Phytostimulation :

Le procédé se base sur les nombreuses interactions et échanges naturels entre les plantes et les microorganismes (synergies). La phytostimulation consiste en une stimulation de l'activité de biodégradation des polluants organiques au niveau des racines (rhizosphère), notamment via l'augmentation de l'infiltration des eaux et à l'aération lors du développement du système racinaire.

Phytovolatilisation :

Certaines plantes ont la capacité d'adsorber puis d'éliminer par transpiration (volatilisation) certains polluants inorganiques (Hg, Se ...) ou organiques (Trichloroéthylène, etc...). L'avantage de ce procédé est que les polluants ne restent pas concentrés dans les plantes ; par contre, les polluants sont dispersés dans l'atmosphère.

DIMENSIONNEMENT

Les procédés de phytoremédiation se base surtout sur la sélection et le choix de la (des) plante(s) adaptée(s) au site et à sa pollution.

Par ailleurs, différents points doivent être pris en compte :

- la tolérance de l'espèce au contaminant,
- la capacité d'adsorption et d'accumulation de la plante,
- la profondeur des racines par rapport à la profondeur des sources de pollution,
- le rythme de croissance (biomasse, densité racinaire, surface de feuillage...),
- éventuellement la capacité à synthétiser des enzymes dégradant le polluant,

la filière d'élimination envisagée.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

En faisant référence à la bibliographie, les applications seraient nombreuses aux Etats-Unis et au Canada, surtout dans le domaine de traitement de sites et sols pollués ainsi qu'en dépollution de nappe.

Ce procédé pourrait concerner les sous-secteurs susceptibles de rejeter des effluents contenant des métaux ainsi que certains composés organiques. Ce type de traitement peut donc être utilisé dans le cadre du traitement des lixiviats d'installation de stockage.

SUBSTANCES CONCERNÉES

En dehors des eaux usées urbaines, les polluants les plus couramment traités par phytoremédiation sont les métaux/métalloïdes ainsi que les radioéléments. Par ailleurs, des traitements sur les autres substances inorganiques (fertilisants, nitrates) ainsi que sur des substances organiques (hydrocarbures, phénols, pesticides, COV, COHV, SCOV, SCOHV, TNT) sont évoqués dans la bibliographie. Dans le cadre de l'étude le mercure pourrait être concerné par ce traitement.

La phytoremédiation est une technique de traitement utilisée dans le traitement des sols contaminés. Les procédés suivants ont déjà été employés et/ou testés pour traiter les polluants suivants :

Les données ci-dessus sont valables pour des techniques de traitement des sols. Dans le cadre d'un traitement des effluents liquide, le choix des plantes doit se faire entre autre en fonction de l'adaptation au milieu humide.

Procédé	Type de contaminant
Phytostabilisation	Métaux (Bi, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn...), métalloïdes (As, Sb...), solvants chlorés et phénols
Rhizodégradation	Explosifs (DNT, HMX, nitrobenzène, nitrométhane, nitrotoluène, acide picrique, RDX, TNT), atrazine, solvants chlorés (chloroforme, tétrachlorure de carbone, hexachloroéthane, tétrachloroéthène, trichloroéthène, dichloroéthène, chlorure de vinyle, trichloroéthanol, dichloroéthanol, acide trichloroacétique, acide dichloroacétique, acide monochloroacétique, tétrachlorométhane, trichlorométhane), DDT ; dichloroéthène ; bromure de méthyle ; tétrabromoéthène, tétrachloroéthane, autres pesticides phosphorés et chlorés ; biphenols polychlorés, autres phénols et nitriles ; hydrocarbures
Phytodégradation	Solvants chlorés, DDT, atrazine, pesticides, PCB, phénols, anilines, nitriles, explosifs
Phytoextraction	Cd, Cr, Ni, Pb, Se, As, radionucléides, BTEX (benzène, éthyle benzène, toluène et xylène), pentachlorophénol, composés aliphatiques à courte chaîne et autres composés organiques
Phytovolatilisation	Solvants chlorés, Hg, Se

Figure : Procédés de phytoremédiation et principaux polluants pour lesquels ils ont été employés ou testés. (STERCKEMAN, et al., 2011)

Composés minéraux

Des études ont identifié des espèces végétales hyper-accumulatrices (par exemple, de la famille des phragmites, comme les roseaux) permettant l'élimination de différents métaux [46] : Zn, Cd, Ni, Cu, As. L'élimination du Pb est plus délicate car il est fortement lié à la matière organique et minérale du sol, et peu de plantes sont connues pour être hyper-accumulatrices de ce métal. (w8000, 2007)

L'EPA donne les références suivantes pour le traitement d'eau (souterraines, de surface, usées) par des techniques de phytoremédiation. (Pivetz, 2010)

Contaminant	Matrice	Process	Concentration	Plante	Référence
			Résultats/commentaires		
Arsenic	Eau de surface	Phytoextraction Rhizofiltration	>0.05 µg/mL	Aquatic plants <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Egeria densa</i> , and <i>Lagarosiphon major</i>	Brooks and Robinson, 1998
			Les concentrations d'arsenic dans les plantes s'élèvent jusqu'à 1200 µg/L sur la masse sèche. Pour <i>Ceratophyllum demersum</i> , les concentrations étaient 10 000 fois plus élevées que celle de l'arsenic dans l'eau. L'utilisation de ces plantes a été suggérée comme moyen de réduction des teneurs d'arsenic dans l'eau.		
Zinc	Eau	Rhizofiltration	100 mg/L dans une solution hydroponique	<i>Brassica juncea</i>	Dushenkov et al., 1995

Contaminant	Matrice	Process	Concentration	Plante	Référence
			Résultats/commentaires		
Plomb	Eau	Rhizofiltration	2 à 500 mg/L dans une solution hydroponique	Indian mustard	Dushenkov et al., 1995
			Coefficient de bioaccumulation de 563 après 24 heures pour une solution à 2 mg/L.		
			0.096 à 9.6 µM (20 à 2000 µg/L) dans une solution hydroponique	Indian mustard	Salt et al., 1997
			Coefficient de bioaccumulation de 500 à 2000.		
			1 to 16 mg/L	Water milfoil (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	Wang et al., 1996
			La concentration minimale résiduelle est inférieure à 0.004 mg/L		
Mercure	Eau	Rhizofiltration	1 mg/L dans une solution hydroponique	12 plantes de régions humides	Qian et al., 1999
	La plante (<i>Polygonum hydropiperoides</i> L.) est la plus efficace des plantes testées dans l'élimination de Hg, et peut éliminer 71 g Hg/ha par jour.				
Mercure	Sol et eau souterraine	Phytovolatilization	5 µM Hg(II) (1 mg/L) dans une solution hydroponique	Genetically altered <i>Arabidopsis thaliana</i> and tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)	Meagher et al., 2000
			Après 7 jours, les plants de tabac ont abaissé la quantité de Hg(II) en solution de 5 à 1.25 µM en la réduisant en d'autres oxydes de mercure moins toxiques, qui sont ensuite volatilisés.		
Nickel	Eau	Rhizofiltration	1 mg/L in hydroponic solution	Twelve wetland plants	Qian et al., 1999

Contaminant	Matrice	Process	Concentration	Plante	Référence
			Résultats/commentaires		
Cuivre	Eau	Rhizofiltration	La plante (<i>Polygonum hydropiperoides</i> L.) était la plus efficace des plantes testées pour le Nickel, et peut éliminer 108 g Ni/ha par jour.		
			6 mg/L Cu(II)	Indian mustard	Dushenkov et al., 1995
			Coefficient de bioaccumulation de 490 après 24 heures.		
			1 to 16 mg/L	Water milfoil (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	Wang et al., 1996
			Concentration minimale résiduelle d'environ 0.01 mg/L.		
			0.1 to 10 mg/L	Duckweed, water hyacinth	Zayed et al., 1998; Zhu et al., 1999
Cadmium	Eau	Rhizofiltration	Facteur de bioconcentration de 200 à 800, dans le tissu végétal des lentilles d'eau. Le facteur de bioconcentration maximum pour la jacinthe d'eau est de 595.		
			2 mg/L	Indian mustard	Dushenkov et al., 1995
			Coefficient de bioaccumulation de 134 après 24 heures.		
			0.18 to 18 µM (20 to 2000 µg/L) in hydroponic solution	Indian mustard	Salt et al., 1997
			Coefficient de bioaccumulation de 500 à 2000. Les grains ont éliminés 40 à 50% du Cd en l'espace de 24 heures.		
			1 to 16 mg/L	Water milfoil (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	Wang et al., 1996
Nickel	Eau	Rhizofiltration	Concentration minimale résiduelle d'environ 0.01 mg/L.		
			0.1 to 10 mg/L	Duckweed, water hyacinth	Zayed et al., 1998; Zhu et al., 1999

Contaminant	Matrice	Process	Concentration	Plante	Référence
			Résultats/commentaires		
			Facteur de bioconcentration de 500 de 1300, dans le tissu végétal des lentilles d'eau. Le facteur de bioconcentration de la jacinthe d'eau est de 185 dans les pousses et 2150 dans les racines, à 0.1 mg/L.		
Chrome	Eau	Rhizofiltration	4 mg/L Cr(VI)	Indian mustard	Dushenkov et al., 1995
			Coefficient de bioaccumulation de 179 après 24 heures. Les racines contenaient du Cr(III), indiquant une réduction du Cr(VI).		
			0.1 to 10 mg/L Cr(VI)	Water hyacinth	Zhu et al., 1999
			Le facteur de bioconcentration maximal de la jacinthe d'eau est de 1823 dans les racines, à 0.1 mg/L.		

Substances organiques

L'EPA donne les références suivantes pour le traitement d'eau (souterraines, de surface, usées) par des techniques de phytoremediation. (Pivetz, 2010)

Contaminant	Matrice	Process	Concentration	Plante	Référence
			Résultats/commentaires		
BTEX	Eau	Phytovolatilization	50 mg/L dans une solution hydroponique	Hybrid poplar	Burken and Schnoor, 1998, 1999
			18% du benzene, 10% du toluene et de l'ethylbenzene, 9% du <i>m</i> -xylene furent volatilisés pour des coupes de peupliers dans une solution hydroponique.		
Atrazine	Eau souterraine et de surface.	Phytodegradation	Non spécifié: 48.3 µg d'atrazine dans moins de 270 mL est utilisé dans le réacteur hydroponique.	Hybrid poplar (<i>Populus deltoides</i> × <i>nigra</i> DN34, Imperial Carolina)	Burken and Schnoor, 1999
			Il n'y a pas de volatilisation de l'atrazine à partir des peupliers. 53.3% de atrazine a été repris par la plante. La majorité de l'atrazine		

Contaminant	Matrice	Process	Concentration	Plante	Référence
			Résultats/commentaires		
			restée se retrouve dans les feuilles.		
	Eau de surface	Phytodegradation	200 µg/L	Aquatic plants: coontail or hornwort (<i>Ceratophyllum demersum</i>), American elodea or Canadian pondweed (<i>Elodea canadensis</i>), common duckweed (<i>Lemna minor</i>)	Rice et al., 1997a
			Après 16 jours, la concentration d'atrazine est réduite de façon significative en présence de <i>Ceratophyllum demersum</i> (41.3% de l'atrazine injectée reste) et de <i>Elodea canadensis</i> (63.2 de l'atrazine injectée reste) mais pas dans un système non végétal ou en présence de <i>Lemna minor</i> (85% de l'atrazine injectée reste).		
Tetrachloroethene (PCE)	Eau	Rhizofiltration	0.5 to 10 mg/L	Waterweed (<i>Elodea canadensis</i>), a submergent aquatic plant	Nzungung et al., 1999
			PCE rapidement adsorbé par la matière végétale.		
Trichloroethene (TCE)	Eau souterraine	Phytodegradation Phytovolatilization	Moyenne de 50 mg/L pendant la 1ère saison et de 14.5 mg/L pendant la 2 nd	Hybrid poplar (<i>Populus trichocarpa</i> × <i>P. deltoides</i>)	Newman et al., 1999
			Les arbres enlèvent 99% du TCE ajouté. La transpiration du TCE est mis en évidence par l'analyse des sacs posés autour des feuilles, mais pas par spectroscopie IR à transformée de Fourier. Pendant les 2èmes et 3èmes années, on note moins de 9% de transpiration. Le TCE est détecté dans les feuilles, branches, tronc et racines (le taux est généralement plus haut dans les branches). De bas niveaux de métabolites et de produits de déchloration réductrice ont été trouvés dans les tissus végétaux.		

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

En France l'application de ce type de traitement est plutôt récente, il est plutôt utilisé pour l'épuration des eaux usées domestiques (stations de capacité inférieure à 2000 EH), ou en traitement tertiaire, ou pour l'aménagement de jardins filtrants. L'application de ce procédé au traitement des effluents industriels est encore peu développée, et donc avec un faible retour d'expérience pour le moment.

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES

ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- Procédés déjà utilisés en dépollution de sites et sols pollués, donc avec un a priori favorable pour le traitement des substances dangereuses concernées ;
- Faibles coûts par rapport aux autres traitements possibles

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Très peu de retour d'expérience en traitement des effluents industriels et encore moins sur le traitement des micropolluants
- Risque de transfert de pollution vers l'atmosphère lors de l'élimination par transpiration des plantes
- Nécessité de définir l'espèce végétale la mieux adaptée au(x) polluant(s) à traiter
- Forte emprise au sol en général
- Masse végétale polluée à évacuer pour destruction (fixation des polluants)
- Durée de traitement long.

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Zone Libellule

Des recherches sont actuellement en cours dans le cadre de l'assainissement des eaux usées contenant des substances dangereuses. Les stations d'épuration n'étant actuellement pas équipées pour traiter les micropolluants la Lyonnaise des Eaux (Suez environnement) a crée en Languedoc Roussillon la « Zone Libellule » (Liberté Biologique Et de LUtte contre les poLLuants Emergents) avec la participation de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse (AERM&C), IRSTEA (anciennement Cemagref) et autres acteurs régionaux.

L'objectif de cette zone mise en place en aout 2009 est d'éliminer les micropolluants résiduels des eaux usées avant leur rejet dans la nature.

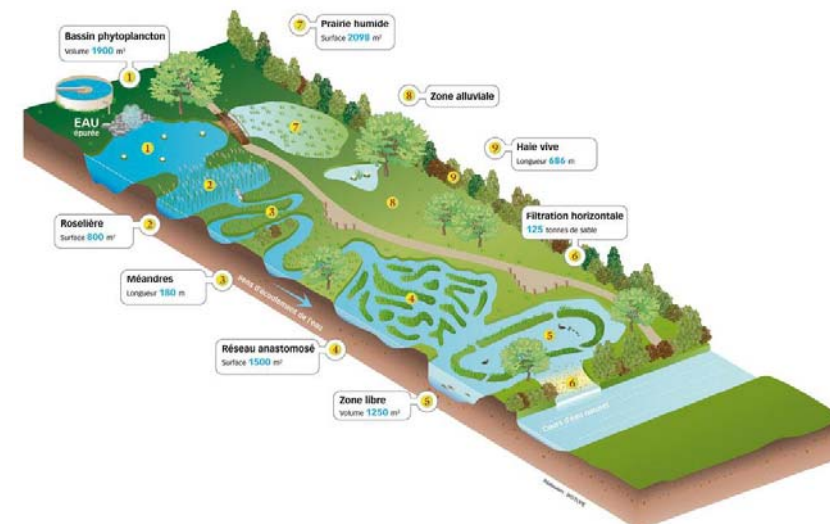


Figure : Présentation de la "zone libellule", source : <http://www.lyonnaise-des-eaux.fr>

La Zone Libellule est une solution complémentaire de traitement des eaux usées, basée sur la capacité épuratoire de la nature. Il s'agit d'un ensemble de bassins en eau, regroupant successivement différentes espèces de plantes, choisies pour leurs capacités naturelles à absorber certains polluants. La zone est conçue pour abriter différents types de milieux humides (bassin à phytoplancton, roselière, méandre, delta, prairie humide....) qui permettent de varier les vitesses d'écoulement, les profondeurs d'eau, etc. afin d'améliorer le traitement.

L'eau traitée par la station d'épuration traverse la Zone Libellule en une dizaine de jours avant de rejoindre le milieu naturel en direction de l'étang de l'Or.

La capacité épuratoire de la Zone Libellule est évaluée. Des analyses sont effectuées en entrée et en sortie des différents habitats ainsi que sur le rejet final. Les résultats ne sont pas communiqués à ce jour. (Lyonnaisedeseaux)

EPNAC

L'EPNAC (Évaluation des Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités) apporte un appui pratique et technique aux acteurs concernés par l'assainissement en acquérant, mutualisant et diffusant les connaissances sur les procédés de traitement des eaux usées des petites et moyennes collectivités. (Garnaud, 2011)

Des sujets d'études liés aux techniques par phytoremédiation sont actuellement en cours. Ces études concernent entre autres :

- Le dimensionnement réduit des Filtres Plantés de Roseaux pour variations de charges
- La recirculation des effluents sur un étage unique de Filtres Plantés de Roseaux
- Les associations de Filtres Plantés de Roseaux et de Lagunages
- Les associations de Disques Biologiques et de Lits Bactériens avec des Lits de Clarification
- Séchage Plantés de Roseaux
- Les Zones de Rejet Végétalisées

L'une des études portant sur les zones de rejet végétalisées a pour objectif de réduire les volumes rejetés vers le milieu récepteur mais aussi d'améliorer la qualité du rejet. Cette amélioration du rejet

concerne les polluants traditionnel (MES, Pt, NK...) mais aussi les substances émergentes (métaux, résidus pharmaceutiques,...). Les résultats complets ne sont pas encore disponibles (Boutin, 2011).

Remarque :

La bibliographie, qu'elle soit internationale ou nationale, fournit peu d'éléments quantifiés sur les performances des systèmes et à l'heure actuelle, il est impossible de fournir des règles de conception et de dimensionnement précises en fonction des objectifs assignés. (Boutin, et al., 2010)

REFERENCES

Boutin C, Iwema A et Lagarrigue C Point sur les zones de dissipation végétalisées : vers une protection supplémentaire du milieu récepteur de surface [En ligne] // EPNAC. - Juin 2010. - 2011. - <http://epnac.cemagref.fr/documentation/documents-pdf/documentation.2011-05-12.7206108678/body>.

Boutin Catherine Les Zones de Rejet [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - novembre 2011. - 2011. - http://colloquefeysine.cemagref.fr/presentations/Presentation_13_Colloquefeysine_Boutin.pdf/at_download/file.

Garnaud S Bilan des activités du groupe de Travail EPNAC [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - Novembre 2011. - 2011. - http://colloquefeysine.cemagref.fr/actes/Article_8_Colloquefeysine_Garnaud.pdf/at_download/file.

Koller Emilian Traitement des pollutions industriels [Ouvrage]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

La Zone Libellule : utiliser la nature pour réduire les nouveaux polluants [En ligne] // Lyonnaise des Eaux. - 2011. - <http://www.lyonnaise-des-eaux.fr/actualite/collectivites/zone-libellule-utiliser-nature-reduire-nouveaux-polluants>.

Pivetz Bruce E Ground water issue - Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites [Rapport]. - [s.l.] : EPA, 20101.

STERCKEMAN Thibault, OUVRARD Stéphanie et LEGLIZE Pierre Phytoremédiation des sols [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2011.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

STRIPPING

Aucune information spécifique aux rejets des industries du secteur du déchet n'a été trouvée pour le traitement par stripping.

Le stripping est une opération par laquelle un soluté gazeux est chassé de l'eau par l'action d'un autre gaz appelé gaz laveur ou entraîneur (air, vapeur d'eau, gaz carbonique, gaz naturel, gaz de fumées...) et dont le rôle est de provoquer dans la phase gazeuse une chute de la pression partielle du constituant à éliminer et d'entraîner ainsi son dégazage.

Le stripping discontinu est un mode de fonctionnement fréquent dans le traitement des effluents aqueux. On élimine la plus grande partie des composés organique par entraînement à la vapeur avant d'envoyer l'effluent qui sort en fond de colonne, dans une station de traitement biologique (Koller, 2004).

Ce procédé est couramment utilisé en pétrochimie (extraction de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniac des eaux acides), en cokerie (eaux contenant des phénols) et dans les industries de fabrication de pâte à papier (eaux chargées en composés sulfurés). (Crini, et al., 2007)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Adapté aux sous-secteurs dont les effluents présentent des composés volatils à traiter. - sous-secteur 3.1 - sous-secteur 3.3 : extraction de l'ammoniac présent dans les effluents - effluents provenant du sous-secteur 3.4	Trichloroéthylène 1,2-Dichloroéthane Anthracène Benzène Chloroforme Fluoranthène Tétrachloroéthylène Tétrachlorure de carbone Dichlorométhane Éthylbenzène Xylène Mercure Tétrachloroéthylène Trichloroéthylène	Prétraitement d'effluents très chargés en composés volatils	Les échangeurs de chaleur ont tendance à s'encrasser. La concentration des solides en suspension doit être inférieure à <5 ppm

DESCRIPTIF

Il s'agit d'une opération par laquelle un soluté gazeux est chassé de l'eau par l'action d'un autre gaz appelé gaz laveur et dont le rôle est de provoquer dans la phase gazeuse une chute de la pression partielle du constituant à éliminer et d'entraîner ainsi son dégazage. Réalisé à la température ambiante ou à des températures supérieures à 100 °C (en utilisant la vapeur d'eau comme gaz laveur) le stripping réalisé dans des colonnes à garnissage peut concerner l'élimination de composés volatils, des produits soufrés (sulfures et mercaptans) et de l'ammoniac. Dans ce dernier cas, il sera nécessaire de réajuster le pH du milieu réactionnel pour transformer l'ammonium (présent dans la phase aqueuse) en ammoniac (évacué dans la phase gazeuse).

L'effluent chargé de composés volatils est introduit en partie haute de la colonne de stripping.

Il existe deux types de colonne de stripping :

Colonne à garnissage :

Elle est remplie d'un matériau sur lequel des gicleurs répartissent l'eau qui ruisselle à travers les éléments de garnissage sous l'effet de la gravité. Un ventilateur propulse de l'air en sens contraire (vers le haut) à travers le lit de garnissage. Le matériel de remplissage permet d'augmenter la surface d'échange entre les phases (liquide et gazeuse). Cette conception est la plus fréquemment utilisée pour l'élimination des polluants comme les hydrocarbures chlorés (Tétrachloroéthylène, Trichloroéthylène) et des hydrocarbures aromatiques (Benzène, Toluène, Xylène).

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre que cette technologie fonctionne très bien pour effectuer le stripping d'ammoniac.

Colonne à plateaux perforés (stripper compact) :

Elle comprend un ou plusieurs tamis superposés (plateaux). L'eau est épanchée sur le tamis supérieur. De l'air est introduit depuis le bas dans la couche liquide, à travers les trous du tamis, en quantité telle que l'eau ne peut pas "ruisseler" à travers le tamis jusqu'au niveau sous-jacent, mais doit passer par un déversoir (trop-plein). L'échange de substances se fait aux interfaces air-liquide générées dans le lit bouillonnant à chaque étage.

Les solvants volatils sont transférés de l'eau à l'air – ils sont « désorbés » – et transportés vers le haut (éventuellement sous vide). L'air effluent quitte l'installation de stripping en partie haute de la colonne, puis il est épuré, tandis que les gouttes d'eau sont retenues par un séparateur adéquat. Le stripping constitue une étape intermédiaire de traitement des composés volatils. Une fois séparés et collectés en partie haute de la colonne de stripping, ces composés sont :

soit adsorbés (sur charbon actif par exemple) avant d'être détruit (oxydation ou incinération),
soit directement détruits (oxydation ou incinération).

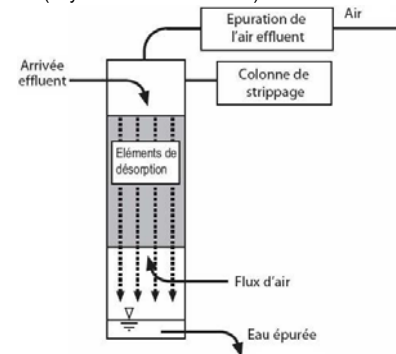


Figure : schéma du procédé par stripping (Colonne à plateaux perforés)

Dans le cas d'installations de stripping, l'émission de polluants peut être déplacée du milieu aqueux vers l'atmosphère. C'est pourquoi un traitement supplémentaire des effluents gazeux peut être requis.

L'élimination des polluants volatils de la phase gazeuse qui s'ensuit peut être réalisée par (CWW, 2003) :

- adsorption sur CAG, zéolites ou résines synthétiques
- absorption par solvant non aqueux puis désorption
- absorption par solutions aqueuses, par exemple des acides forts (pour absorber l'ammoniac)
- condensation ou condensation partielle, puis traitement supplémentaire
- oxydation thermique ou catalytique

Recyclage de l'eau :

Le stripping des flux d'eaux de procédé permettent la réutilisation de l'eau, par exemple comme eau brute ou pour les utilisations. La réutilisation des eaux de procédé (eau d'appoint, liqueurs mères) est possible lorsque les substances telles que les produits dérivés ou les sels n'ont pas d'effets négatifs sur la qualité de la production en aval (CWW, 2003).

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement d'une colonne de stripping est basé sur le temps de contact.

La hauteur de garnissage nécessaire pour les gaz très peu solubles est calculée par le produit de la hauteur d'unité de transfert et du nombre d'unité de transfert. La hauteur d'unité de transfert dépend essentiellement des caractéristiques du garnissage. C'est la surface spécifique du matériau de remplissage (ou des bulles générées dans les tamis) qui détermine la hauteur de l'unité de stripping.

Pour les gaz très solubles, la hauteur de garnissage est obtenue par le produit entre le nombre d'étages théoriques et la hauteur équivalente à un plateau théorique. Cette dernière dépend des caractéristiques du garnissage. Le nombre d'étages théoriques est déterminé par un calcul analytique ou graphique.

Plus le débit volumique à épurer est important, plus le diamètre de l'installation doit être grand. De même, plus la charge polluante est importante, plus la colonne de stripping doit être longue. Les installations de stripping sont généralement construites en matière plastique.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Le traitement par stripping peut concerner tous les sous-secteurs dont les effluents présentent des composés volatils à traiter.

Notons que dans le cas de l'étude, les effluents destinés à être rejetés sont faiblement chargés. Le stripping ne s'adapte donc pas forcément à ce type de problématique sauf si la particularité des effluents le permet, notamment les effluents provenant du sous-secteur 3.4 (lavage de citerne) peuvent être susceptible de contenir des teneurs permettant le traitement par stripping.

Le stripping permet d'atteindre de bonnes performances épuratoires. Cependant les concentrations visées (10 x NQE) étant très faibles pour les composés susceptibles d'être traités par stripping, il faudra envisager un traitement complémentaire. Par conséquent, sauf cas particulier (pré-traitement d'effluents très chargés en composés volatils), ce traitement ne constituera pas a priori une solution technico-économique compétitive.

Le traitement par stripping est utilisé dans les usines d'incinération pour extraire l'ammoniac présent dans les effluents : l'ammoniac est fortement soluble dans l'eau et s'accumule dans les effluents des laveurs humides placés en aval. En utilisant des dispositifs spéciaux, tels que stripping, osmose inverse ou autres, il est possible d'extraire l'ammoniac contenu dans les effluents des laveurs humides. Il est ensuite possible de réutiliser l'ammoniac ainsi récupéré comme réactif pour la réduction des NOx.

SUBSTANCES CONCERNEES

Le stripping est souvent mis en œuvre pour le traitement des composés volatils. Ces produits peuvent être issus des matières premières consommées sur le site ou être générées en temps que sous-produits.

Substances Organiques**1,2 Dichloroethane**

Selon le BREF des Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz dans l'industrie chimique, un rendement d'élimination de l'ordre de 65% peut être atteint. (CWW, 2003)

Le Centre technique des eaux usées (CTEU) d'Environnement Canada a mis en place un pilote dans une décharge pour traiter les eaux souterraines contaminées par des substances chimiques organiques volatiles pendant l'été 1986. Le système de traitement est composé d'une colonne de stripping traitant les eaux usées et de deux filtres à charbon actif en grain en série traitant les gaz. Dans les eaux usées, il y avait du 1,1-dichloroéthane, du 1,2- dichloroéthane, du chloroforme, du 1,1-dichloroéthylène, du 1,1,1-trichloroéthane, du benzène, du toluène, et du trichloréthylène. L'efficacité de l'élimination est comprise entre de 27 et 99,9% suivant les composés et les conditions d'exploitation. (Semovic L et al, 1987) dans (INERIS, 2011)

2,4,6-trichlorophénol

Le 2,4,6-trichlorophénol se volatilise lentement à partir des eaux de surface. Pour la forme anionique, le phénomène est encore plus significatif. (INERIS, 2005)

HAP : Anthracène, Fluoranthène, Naphtalène

Selon (RMC, 2010) le stripping est un procédé adapté au traitement des effluents aqueux contenant des HAP. Note de fiabilité : 2.

Le stripping des HAP est appliqué en dépollution de sol et donc peut être une solution sur les effluents (HAP les plus volatiles : anthracène, naphtalène...) (expert ARCADIS).

Tétrachloroéthylène - Trichloroéthylène

Selon (RMC, 2010) stripping est une méthode efficace pour le traitement du Tétrachloroéthylène ou Trichloroéthylène. Les conditions de mise en œuvre ne sont pas toujours facile et nécessite une étude poussée.

D'après une entreprise du domaine de la production de produits issus de l'électrolyse du sel, le principe consiste à injecter de la vapeur sous pression afin de mettre en vapeur des composés volatils. Les vapeurs toxiques récupérées sont traitées par un filtre à air au charbon actif ou par un autre procédé. Cette dernière méthode est jugée la plus rentable, elle est facile à mettre en œuvre et s'avère très efficace. (INERIS, 2007)

Dans tout les cas, cette technique nécessite un traitement de l'air, sinon le Tétrachloroéthylène ou le Trichloroéthylène est rejeté à l'atmosphère.

Tétrachlorure de carbone

Le stripping à l'air est une méthode couramment utilisée pour réduire la concentration des COV dans l'eau potable (Cummins et Westrick, 1990); (U.S. EPA, 1991a); (OMS, 2004b); (Dyksen, 2004). Bien qu'il existe différents types d'équipement de stripping, l'aération par tour à garnissage (ATG) est reconnue comme la méthode la plus efficace pour réduire la concentration de tétrachlorure de carbone dans l'eau potable. On estime qu'il est possible d'atteindre une efficacité de réduction de 99% en utilisant l'ATG (US EPA, 1985, 2003b) et de réduire le CCl₄ à une concentration inférieure à 1 µg/L dans l'effluent.

Benzène, Toluène, Xylène

Le stripping est un procédé particulièrement adapté pour les BTEX, pour lesquels on peut atteindre 99% de performances. Note fiabilité : 3. (RMC, 2010)

L'INERIS cite le procédé de stripping comme adapté aux polluants volatils (Boeglin, J.L., 1998). Ce procédé est particulièrement efficace pour les hydrocarbures aromatiques (BTEX) pour lesquels on peut atteindre 99% de rendement. Le coût d'une telle installation est de 4 à 5 millions d'€ (exemple d'une raffinerie avec un traitement par stripping d'eau de 30 m³/h). (INERIS, 2006)

Tétrachlorure De Carbone

Le stripping à l'air est une méthode couramment utilisée pour réduire la concentration des COV dans l'eau potable (Cummins et Westrick, 1990; U.S. EPA, 1991a; OMS, 2004b; Dyksen, 2004). Bien qu'il existe différents types d'équipement de stripping, l'aération par tour à garnissage (ATG) est reconnue comme la méthode la plus efficace pour réduire la concentration de tétrachlorure de carbone dans l'eau potable. On estime qu'une efficacité de réduction de 99 % en utilisant l'ATG (U.S. EPA, 1985, 2003b) est réalisable afin de réduire la concentration de tétrachlorure de carbone à une concentration inférieure à 1 µg/L dans l'effluent. (INERIS, 2007)

Le stripping à l'air des COV au moyen de membranes à fibres creuses microporeuses en polypropylène est une technique qui permettrait un taux d'élimination du CCl₄ allant jusqu'à 85%. (RMC, 2010)

Dichlorométhane

Selon le BREF des Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz dans l'industrie chimique, le stripping à la vapeur d'effluents aqueux contenant du dichlorométhane permet d'atteindre un taux de performance de 99% (CWW, 2003).

Composés minéraux**Mercur**

Le traitement par stripping d'un effluent aqueux contenant du mercure est une technique expérimentale, qui consiste à utiliser du chlorure d'étain pour réduire Hg²⁺ en Hg⁰ qui est volatil. Ce mercure élémentaire présent dans l'air au-dessus de l'eau est ensuite collecté afin de l'éliminer (US EPA, 2007). Cependant, avant toute recommandation d'utilisation de ce procédé, il sera nécessaire d'évaluer les effets sur l'environnement de l'étain introduit dans l'eau. (INERIS, 2008)

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Débit à traiter (m ³ /h)	Investissement (k€) Hors bâtiment
< 1	150 -200
1 -5	200 -300
5 -10	300 -600

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGE :

- Bons retours d'expérience sur les solvants volatils mais à des teneurs importantes par rapport aux niveaux résiduels recherchés ici
- Capacité d'épuration élevée ;
- Récupération de matière possible ;

Faible consommation d'énergie.

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Risque de surdimensionnement (longueur de colonne) pour l'obtention des performances requises (de l'ordre de 100µg/l), donc peu compétitif a priori.
- Traitement complémentaire de finition à envisager plutôt, pour ne pas surdimensionner l'installation (charbon actif par exemple).
- Nécessité d'un traitement de l'air strippé (condensation ou piégeage par adsorption), en adéquation avec les rendements de l'unité de stripping (RMC, 2010), donc production d'un déchet à retraiter ou à valoriser.
- Le traitement des gaz de stripping est une étape essentielle qui se révèle être parfois plus compliquée que le stripping lui-même. Pour obtenir un traitement global efficace, il est nécessaire que l'étape de stripping et l'étape de traitement des gaz de stripping soient soigneusement ajustées l'une par rapport à l'autre.

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

De manière générale, le traitement des gaz de stripping est une étape essentielle qui se révèle être parfois plus compliquée que le stripping lui-même. Pour obtenir un traitement global efficace, il est nécessaire que l'étape de stripping et l'étape de traitement des gaz de stripping soient soigneusement ajustées l'une par rapport à l'autre. (CWW, 2003)

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre que certaines règles doivent être respectées lors d'un traitement par stripping :

- 1^{ère} règle : le point d'ébullition des éléments à stripper est inférieur au point d'ébullition de l'eau.
- 2^{ème} règle : pour les éléments sous forme ioniques uniquement.

Le retour d'expérience d'ARCADIS montre également que les coûts sont identiques quelque soit la source et l'installation considérée.

REFERENCES

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Livre]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz dans l'industrie chimique [Livre]. - 2003.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS Tétrachloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS Tétrachlorure de Carbone [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS Trichloroéthylène [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Koller Emilian Traitement des pollutions industrielles [Livre]. - [s.l.] : DUNOD, 2004.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

WI BREF - Incinération des déchets [Rapport]. - 2006.

TECHNIQUES MEMBRANAIRES

Les données sur le traitement membranaires des rejets des industries du secteur du déchet ne concernent pratiquement pas les substances dangereuses.

Les informations relatives au traitement membranaire d'effluents liquides contenant des substances dangereuses sont celles issues du BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique et de projets liés au traitements des eaux des stations d'épuration.

Les données disponibles pour le secteur du déchet concernent les polluants classiquement recherchés dans les effluents liquides.

Une membrane est une barrière qui contrôle le transport des espèces chimiques entre deux phases fluides qu'elle sépare. Elle oppose une résistance inégale au transport de différentes espèces quand une force motrice est appliquée sur les fluides.

La séparation des polluants est essentiellement fondée sur leur affinité pour la membrane, sur la taille et/ou sur la charge électrique des molécules et ions. On distingue parmi les procédés membranaires la microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse, distinction qui se fait essentiellement sur le seuil de coupure ou pouvoir de coupure de la membrane c'est à dire la capacité à pouvoir retenir des particules de taille différente. Le type de filtration membranaire est en rapport direct avec la taille des espèces retenues par la membrane.

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Tous les secteurs du déchet sont concernés. Le sous-secteur 3.3 de l'incinération semble moins concerné par cette technique dans la mesure où les eaux de lavage des fumées sont chargées en sels	Cadmium Plomb Nickel Arsenic Mercure Nonylphénols 1, 2 dichloroéthane Octylphénols HAP Tétrachlorure de carbone Atrazine Simazine Isoproturon Diuron Chrome Dichlorvos Hexachlorocyclohexane γ-Hexachlorocyclohexane Molécules organiques	Traitement sur effluent prétraité ou traitement de finition (OI)	Le colmatage de la membrane peut altérer les performances du système membranaire. Matériau de la membrane vulnérable aux attaques chimique selon le contenu des eaux. Dans le cas de la nanofiltration et de l'osmose inverse application à une gamme de pH et de température étroite (18-30°C) ; Dans le cas de l'osmose inverse les solutions de sels à faible solubilité ont tendance à précipiter, ce qui provoque un encrassement du système

DESCRIPTIF

Les techniques membranaires sont des procédés de séparation physique mettant en œuvre des pellicules minces (film), semi-perméables, synthétisées à base de produits minéraux ou organiques.

Cette pellicule, appelée membrane constitue une barrière sélective, qui selon le diamètre des pores qu'elle contient, permet de séparer les constituants d'un fluide en fonction de leur taille. Le transfert d'un élément d'une phase vers une autre est effectué sous l'impulsion d'une force motrice qui peut être : la pression, un gradient de température ou un champ électrique.

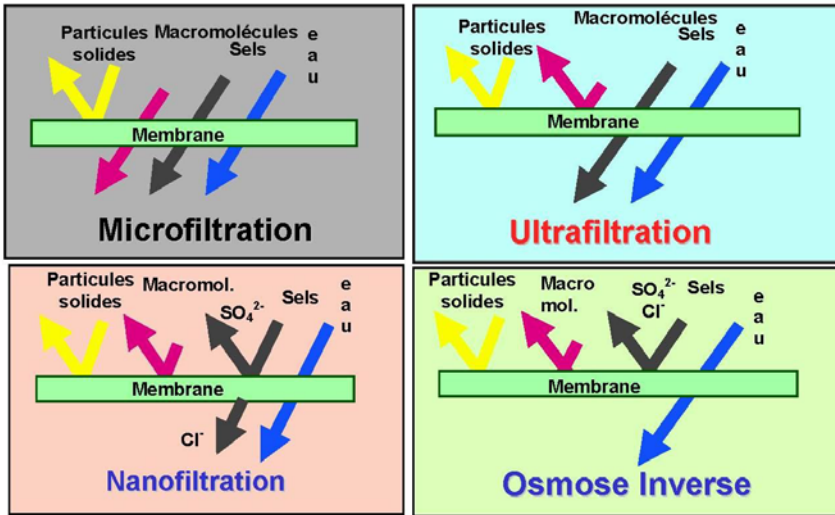
Avec des applications de plus en plus fréquentes dans le traitement d'eaux usées industrielles, les techniques membranaires pourraient constituer une alternative intéressante pour piéger les éléments gênants susceptibles de s'opposer au recyclage total ou partiel de l'eau traitée. Le type de composés piégés par la membrane dépendra du seuil de coupure de celle-ci.

D'une façon générale, et sans rentrer dans les détails, on peut distinguer les techniques suivantes, en fonction de la taille des éléments à séparer, de la pression à appliquer et des substances à séparer :

- la microfiltration,
- l'ultrafiltration,
- la nanofiltration,
- l'osmose inverse.

On note qu'en fonction du seuil de coupure :

- la microfiltration (µF) : retient des particules de plus petites tailles (0,1 – 10µm) mais aussi les micro-organismes et les pathogènes,
- l'ultrafiltration (UF) : avec un pouvoir de coupure plus fin (0,1-0,01 µm), permet de retenir les virus et les matières organiques de grandes tailles,
- la microfiltration et l'ultrafiltration fonctionnent comme des tamis dans lesquels la rétention d'un élément ne dépend que des dimensions respectives des pores de la membrane et de l'élément à séparer,
- la capacité de rétention de la microfiltration et de l'ultrafiltration peut être améliorée en précipitant les produits dissous et les agglomérant en particules de tailles plus importantes ne franchissant pas la membrane (coagulation et floculation des colloïdes, etc...),
- la nanofiltration (0,01-0,001µm) et l'osmose inverse (< 0,001µm) sont réservées pour retenir les substances dissoutes (ions). La nanofiltration permet de piéger les éléments tri et bivalents et présente une efficacité moindre sur les monovalents. L'osmose inverse retient la plupart des substances dissoutes. Elle est souvent utilisée pour la déminéralisation, le dessalement et la production d'eau potable à partir de l'eau de mer. Ces deux procédés nécessitent par ailleurs un fonctionnement à des pressions plus élevées que la µF et l'UF et un prétraitement (membranes sensibles à la formation de biofilm, au colmatage, aux oxydants et à l'entartrage nécessitant un prétraitement plus complexe)..



Remarque : Les membranes d'osmose inverse et de nanofiltration sont des barrières efficaces pour la rétention de micropolluants, tandis que les membranes de microfiltration et d'ultrafiltration sont des barrières sélectives pour certains micropolluants avec des propriétés spécifiques. (Delgado, 2009)

Il existe deux types de membranes :

- les membranes minérales : utilisées pour le traitement d'effluents agressifs et des applications spécifiques (contraintes de température, de pH ou de lavages violents),
- les membranes organiques : moins chères que les membranes minérales mais utilisées pour le traitement d'effluents ne présentant pas d'agressivité importante (sensibles à la température, au pH et aux agents oxydants), souvent utilisées en osmose inverse.

En milieu industriel, le choix du type de membrane est souvent réalisé à la suite d'essais en installation pilote dynamique, sur une période suffisamment longue représentative de l'activité du site.

	Microfiltration	Ultrafiltration	Nano filtration	Osmose inverse
Domaine d'application*	Elimination des hydroxydes métalliques, de la biomasse	Traitement de surface, émulsions de lubrifiants de refroidissement, bains de dégraissage, effluents huileux, biologie, effluents de cale, lessive de soude	Recyclage d'acide et de soude, concentration de métaux	Eaux de refroidissement, eaux brute, eaux d'alimentation de chaudière, eau de rinçage, production d'eau purifiée, déminéralisation, traitement des lixiviats

* Source : Professionnel des procédés industriels et du traitement des effluents

Remarque : Le retour d'expérience d'ARCADIS montre que ces techniques nécessitent souvent une préparation de charge en amont (homogénéisation des effluents), mais également un enlèvement des MES.

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement des installations de traitement par membrane est réalisé sur la base d'un flux hydraulique (défini par des tests laboratoire ou en installation pilote). En fonction de la maille de coupure (taille des pores de la membrane : microfiltration, UF, Nanofiltration, Osmose Inverse), le débit traversier est défini en l/m².h.

A partir du débit à traiter et du débit de production, il est facile de déterminer la surface de filtration nécessaire.

Le tableau suivant permet de comparer les domaines d'application des différentes membranes (en comparaison avec un filtre à sable conventionnel) :

paramètre	Filtration sur sable	Microfiltration (MF)	Ultrafiltration (UF)	Nanofiltration (NF)	Osmose Inverse (OI)
espèces retenues	-particules - pollens	-colloïdes -micro-organismes - levures	-virus -matières organiques - polymères	-ions divalents - petites molécules organiques	-la plupart des éléments (sels) dissous
tailles des pores (µm)	> 10	0,1 -10	0,1-0,01	0,01-0,001	< 0,001
Pressions (bar)	0,1-0,2	0,2-1	1-5	5-15	15-80
flux (l/m²/h)	2.000-10.000	150 -300	50 -200	15-50	15-30
Application	Clarification : réduction Mest	Clarification : réduction turbidité et colloïdes	Clarification : réduction turbidité, colloïdes et macromolécules	-adoucissement - élimination de la matière organique, des pesticides, de la couleur	Dessalement Traitement de finition pour réduire les teneurs en métaux (zéro rejet, recyclage, etc

Les flux et les pressions appliqués sont donnés à titre indicatif. Leur détermination avec précision, nécessite la réalisation d'essais de traitement en installation pilote dynamique sur une période suffisamment longue représentative de l'activité du site concerné.

Le graphique suivant illustre le choix des techniques membranaires à considérer en fonction de la taille des substances à éliminer. (g1270, 2002)

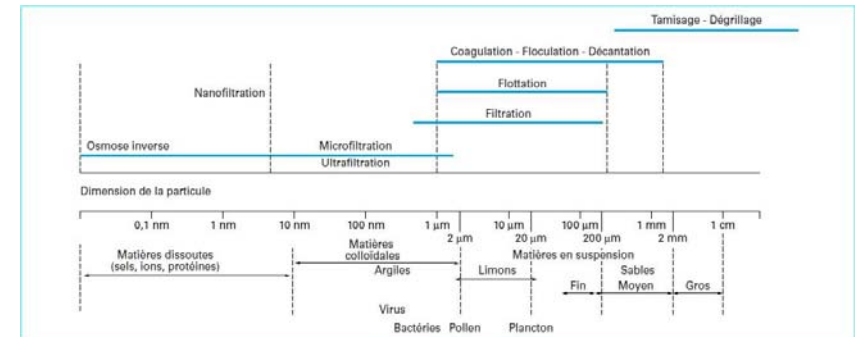


Figure 2 : Traitements physico-chimiques applicables aux rejets industriels (g1270, 2002)

Colmatage

Lors de l'exploitation d'un système membranaire il est indispensable de mesurer et maintenir l'intégrité des systèmes afin que leur capacité de séparation des contaminants soit conservée. Parmi les

stratégies de prévention du colmatage sont citées les techniques suivantes (Berland, et al., 2002) :

- Pré-filtration ;
- Enlèvement plus poussé des particules et des colloïdes par un autre procédé membranaire ou par un traitement conventionnel (par exemple UF);
- Ajustement de pH (acidification) pour déplacer les équilibres de solutés des sels susceptibles de précipiter (sel de fer, de manganèse, de calcium, de baryum...);
- Ajout d'un agent anti-tartre en continu pour empêcher le dépôt de sels à la surface des membranes (ou élimination du carbonate de calcium, par un adoucisseur) ;
- Coagulation de la Matière Organique Naturelle. En effet, l'effet colmatant des floccs est, a priori, moins fort que celui des colloïdes ;
- Traitement de la matière organique (sensibilité au biofouling) par désinfection choc (biocide non oxydant de préférence) ; et neutralisation des biocides oxydants tels que l'eau de javel ou de brome utilisée en désinfection par injection de bisulfite de sodium ou filtre à charbon ;
- Enlèvement du fer (Fe^{2+}) qui pourrait précipiter.

Une autre stratégie de prévention du colmatage consiste à limiter l'accumulation des agents colmatant à la surface de la membrane. La réduction de la vitesse de filtration (ou vitesse de perméation) réduit les risques de colmatage. Cependant ceci implique d'augmenter la surface de la membrane utilisée.

Nettoyage

Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage irréversible de perméabilité, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes. Les différentes techniques de nettoyage sont (Berland, et al., 2002) :

- Le rinçage ;
- Le rétro-lavage à l'eau ou à l'air (uniquement pour UF et μF) ;
- Le nettoyage mécanique avec une balle de mousse ;
- Le nettoyage chimique de la membrane (trempage et / ou circulation nettoyante).

SUBSTANCES CONCERNEES

Parmi les substances susceptibles d'être traitées par les techniques membranaires, on peut citer à titre indicatif et non exhaustif :

Cadmium, Plomb, Nickel, Arsenic, Autres métaux, Mercure, Nonylphénols, 1, 2 dichloroéthane, en principe, toutes les molécules organiques concernées par l'étude (RMC, 2010)

Les membranes NF microporeuses en polyacétate de cellulose ou en polysulfone permettent de retenir tous les polluants dissous et non dissous (bactéries, virus, métaux, minéraux, polluants organiques dont les pesticides) quelle que soit leur concentration. (Crini, et al., 2007)

Le BREF relatif à l'incinération des déchets précise qu'il s'agit d'une option pour le traitement des eaux usées polluées avec des sels et des micropolluants est la filtration à membrane. Cette technique est spécialement efficace pour les grands flux d'eau avec des concentrations faibles en sels. (WI, Août 2006)

Il est à noter que ces procédés n'étant pas sélectifs, ils permettront aussi l'élimination d'autres paramètres que ceux concernés par l'étude.

Substances organiques

1,2-dichloroéthane

Nanofiltration

Le Document Européen de référence sur les Meilleures Techniques Disponibles (BREF) sur le traitement des effluents dans le secteur de la chimie mentionne la nanofiltration pour traiter des rejets

de 1,2-DCE dans des effluents aqueux, avec un rendement d'élimination de 70%. La nanofiltration est utilisée pour traiter des effluents contenant de grosses molécules organiques et des ions multivalents. Cette technique permet de concentrer les polluants pour faciliter leur élimination par la suite et/ou pour recycler une partie de l'effluent (INERIS, 2011)

HAP anthracène – fluoranthène – naphthalène (RMC, 2010)

Séparation de phase (RMC, 2010)

La séparation de l'huile et de l'eau peut être réalisée :

- avec un cyclone
- par de la micro filtration sur un séparateur API (American Petroleum Institute), lorsque l'on peut s'attendre à de grandes quantités de pétrole libre ou d'hydrocarbures, ou un intercepteur à plaques

Note fiabilité : 3

Nonylphénols

Cette technique est également coûteuse et nécessite de fortes compétences en exploitation. On peut raisonnablement atteindre des rendements supérieurs à 90%. (RMC, 2010)

Tétrachlorure de carbone

L'osmose inverse est une méthode prometteuse en raison de sa capacité d'éliminer les COV de l'eau potable (Clark et coll, 1988). Des études en banc d'essai ont démontré que certaines membranes d'osmose inverse pouvaient réduire de 70 à 100% la concentration de tétrachlorure de carbone dans l'eau (Fronk et coll., 1990); (Lykins et Clark, 1994); (OMS, 2004b).

Technique émergente : stripping à l'air sur membrane (RMC, 2010)

Le stripping à l'air des COV au moyen de membranes à fibres creuses microporeuses en polypropylène est une technique qui permettrait un taux d'élimination du tétrachlorure de carbone allant jusqu'à 85 %.

Hexachlorocyclohexane

La masse molaire de l'Hexachlorocyclohexane est de 290,8g.mol⁻¹. Sa rétention sur une membrane implique le recours à la nanofiltration ou à l'osmose inverse. Pour une masse molaire supérieure à 230 g.mol⁻¹ on obtient plus de 90 % de rétention en nanofiltration et pour une masse molaire supérieure à 180 g.mol⁻¹ on peut espérer retenir plus de 97 % des molécules en appliquant l'osmose inverse. (Fabre, et al., 2005)

γ -Hexachlorocyclohexane

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination du γ -Hexachlorocyclohexane sous influence de l'osmose inverse est de 99 %. (CWW, 2003)

Pesticides - Atrazine, Simazine, Isoproturon, Diuron (Boussahel, et al., 2002)

KOYUNCU et al. (2000) ont constaté qu'à une pression de 12 bars et un débit de 350 L/h les besoins en énergie pour des membranes de nanofiltration sont de 2,5 kWh/ m³ alors que pour le même débit et une pression de 18 bars ils sont de 5 kWh/m³ pour des membranes d'osmose inverse.

Une étude a permis d'évaluer les capacités et l'influence de la matière organiques de deux membranes de nanofiltration à éliminer certains pesticides : l'atrazine et son métabolite la déséthylatrazine (DEA), la simazine, la cyanazine, l'isoproturon et le diuron.

Les taux d'abattement des pesticides et celui de leur adsorption sur les membranes sont évalués durant quatre jours d'expérimentations sur un pilote d'essai de nanofiltration dans le but d'essayer d'apporter une contribution à l'explication des mécanismes qui régissent l'élimination des pesticides par nanofiltration. Les résultats partiels de l'étude sont présentés ci-dessous :

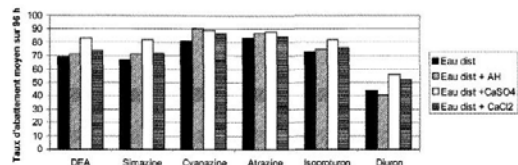


Figure 2 Pourcentages d'abattement (R) obtenus avec la membrane NF200.
Pesticide rejection (R) by the NF200 membrane expressed as percent.

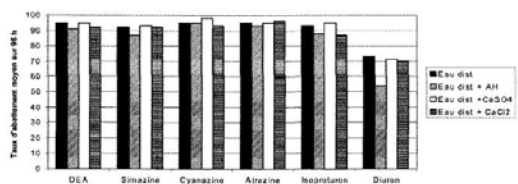


Figure 3 Pourcentages d'abattement (R) obtenus avec la membrane Desal DK.
Pesticide rejection (R) by the Desal DK membrane expressed in percent.

Figure : Résultats obtenus avec les différents types d'eaux traitées respectivement avec les deux membranes (Boussahel, et al., 2002)

Les deux principaux mécanismes qui régissent le processus d'élimination des pesticides par nanofiltration sont la répulsion (stérique et électrostatique) par la membrane et l'adsorption sur la membrane. Ce dernier phénomène doit être minimisé au maximum car son augmentation influence négativement le taux d'élimination des pesticides en favorisant le passage de ces derniers vers le perméat par diffusion à travers la membrane.

Par ailleurs, l'élimination des pesticides par nanofiltration est davantage favorisée par la fraction des matières organiques de poids moléculaire élevé telles que les acides humiques. L'influence de la matière inorganique (CaCl_2 et CaSO_4), quant à elle, est plus importante avec la membrane aux larges pores qui a été étudiée.

Selon l'étude la nanofiltration n'élimine pas totalement les pesticides étudiés notamment le diuron. Il est donc préconisé de l'associer à un autre procédé de traitement tel que la filtration sur CAG afin de garantir une eau de qualité respectant les normes. Une telle association serait bénéfique pour une chaîne de traitement, car la nanofiltration peut protéger un filtre CAG vis-à-vis des matières organiques naturelles et prolonger sa durée de vie.

Traitement combiné ultrafiltration et charbon actif :

L'ultrafiltration seule est incapable d'éliminer totalement les pesticides. C'est pour cette raison que depuis quelques années, certaines sociétés ont mis sur le marché un procédé combinant l'ultrafiltration et le charbon actif en poudre pour éliminer les pesticides (DUGUET *et al.*, 1993) dans (Boussahel, et al., 2002) ; son principal avantage est la possibilité d'ajuster la dose de charbon actif en fonction des pics de pollution.

Atrazine

Contrairement à la microfiltration et à l'ultrafiltration, le mécanisme de séparation dans un système ne se fait pas à cause de la taille des solutés mais en fonction de leur affinité vis-à-vis de la membrane. On reproche souvent à l'osmose inverse d'être beaucoup sélective que la nanofiltration. Néanmoins, l'osmose inverse trouve des applications concrètes dans le dessalement d'eaux saumâtres, l'élimination d'herbicides. (Crini, et al., 2007)

Effet de la nanofiltration sur l'atrazine

Atrazine à l'entrée	Atrazine en sortie	Taux d'abattement
0,42 $\mu\text{g.L}^{-1}$	<0,02 $\mu\text{g.L}^{-1}$	95%
0,39 $\mu\text{g.L}^{-1}$	<0,04 $\mu\text{g.L}^{-1}$	90%
0,25 $\mu\text{g.L}^{-1}$	<0,04 $\mu\text{g.L}^{-1}$	80%

Tableau : Elimination d'atrazine par nano-filtration
d'après Gaid et Ravarini, 1996 dans (Gendrault-Derveaux, 2007)

Selon l'US EPA, l'osmose inverse a été utilisée avec succès pour éliminer l'atrazine et ses métabolites de l'eau potable. (EPA, 1989)

Simazine

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination de la simazine sous influence de l'osmose inverse est de 95 %. (CWW, 2003)

Composés minéraux

Les techniques membranaires sont indiqués dans le traitement des composés métalliques sont réserve de pousser jusqu'à l'osmose inverse. (WT, 2006)

Note fiabilité : 3

Arsenic et composés, Cadmium et composés, Cuivre et composés

Traitement combiné par précipitation et technique membranaire (RMC, 2010)

La technique de traitement par précipitation ne permet pas d'atteindre les objectifs de la DCE (42 $\mu\text{g/l}$ sur la base de 10 x NQE plus le bruit de fond géochimique). Un traitement complémentaire peut donc être nécessaire (traitement membranaire par exemple). Il faut noter également que les métaux sont également transférés dans les boues des stations biologiques qui constituent par conséquent un traitement à part entière.

Remarque : la NQE du Cd est plus faible et est fonction de la dureté du milieu récepteur : 0,8 à 0,25 $\mu\text{g/l}$. Il en est de même pour celle du cuivre fixé à 3,4 $\mu\text{g/l}$.

Chrome et composés

Osмосe inverse (INERIS, 2010)

L'une des meilleures techniques disponibles pour la réduction des rejets du chrome et de ses composés dans le secteur du traitement de surface est l'osmose inverse. L'osmose inverse peut être performante pour éliminer les métaux lourds en faible concentration, bien que dans des conditions aérobiques, les oxydes métalliques peuvent boucher les membranes. (INERIS, 2010)

Cuivre et composés

Osмосe inverse (INERIS, 2010)

L'osmose inverse permet la récupération de cuivre issu des bains de cuivrage acide et cyanuré. Cette technique permet la réalisation de solutions concentrées en impuretés métalliques pour une élimination ultérieure. La technique fonctionne sous des pressions élevées entraînant une demande énergétique importante (Commission européenne, 2006).

Mercuré & composés

Filtration par membrane (RMC, 2010)

Cette technique permet d'atteindre pour le mercure des concentrations de l'ordre de 2 $\mu\text{g/l}$ dans le

perméat. Selon le site internet Lenntech, les procédés de filtration par membranes couvrent les domaines de la microfiltration jusqu'à l'hyperfiltration (osmose onverse). De tels procédés ont fait leurs preuves dans le traitement d'effluents spécifiques contenant des métaux lourds.

Note fiabilité : 3

Un taux de performance supérieur à 90% peut être atteint pour une filtration d'eaux usées par nanofiltration pour le mercure organique et inorganique. (CWW, 2003)

Nickel & composés

Traitement par membranes **OI (osmose inverse)** ou **NF (nanofiltration)** (INERIS, 2011)

Efficacité : l'élimination du nickel par ces traitements est estimée aller de 80% à 100%

Substances complémentaires

Dichlorvos

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination du dichlorvos sous influence de l'osmose inverse est de 98 %. (CWW, 2003)

Dichlofenac

(Andreozzi, et al., 2003) ont montré que dans des stations d'épuration, les acides humiques jouent un rôle de filtre vis-à-vis du diclofénac.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Les techniques membranaires peuvent être appliquées à tous les sous-secteurs concernés par l'étude, après une éventuelle élimination des particules de taille relativement importante. Ces techniques sont des techniques pour le traitement de finition. Néanmoins, pour le bon fonctionnement de l'installation, quelques précautions ou traitement préalables sont nécessaires:

- Réajuster du pH et de la température, si nécessaire,
- Eviter de traiter des effluents contenant de produits entartrant ou trop colmatant (graisse, silicone, chaux, CaSO₄, CaCO₃...),
- Opérer éventuellement un prétraitement (préfiltration fine pour protéger les membranes, prévoir plusieurs étages de filtration, etc...),
- Adapter le type de membrane (organique ou minéral) aux caractéristiques de l'effluent.

L'application de ces techniques en finition (après les traitements prérequis) devrait permettre de restituer une eau de qualité conforme aux objectifs. Les traitements par membrane s'adaptent bien à des configurations variées tant au point de vue des substances à traiter qu'à celui des gammes de débit. Il conviendrait d'acquérir des données complémentaires sur les performances de traitement (teneurs résiduelles et surtout taux de conversion volumiques) portant spécifiquement sur les substances dangereuses afin d'en affiner le dimensionnement. En première approche, des essais de traitabilité en laboratoire sur un panel représentatif des secteurs d'activités sélectionnés pour la présente étude fournirait des orientations et permettrait à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse d'apporter des éléments objectifs dans les décisions de financement.

Le sous-secteur 3.3 de l'incinération semble peu concerné par cette technique dans la mesure où les eaux de lavage des fumées sont chargées en sels (notamment en calcium, et en sulfates), ce qui induit une consommation énergétique importante et un colmatage irréversible très rapide (dégradation de la membrane) mais avec un ajout d'antiscalant, un taux de conversion très faible (WT, 2006).

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

A ce stade, nous avons estimé ces investissements sans tenir compte :

- Des spécificités du site industrielle (intégration dans la filière existante ou à proximité de la ligne de production dans le cas de traitement d'effluents spécifiques, etc,
- Du génie civil difficile à appréhender d'une manière globale (bâtiment dédié à l'installation, fondations spéciale,...)
- De l'éventuelle nécessité de mettre en place une cuve ou un bassin tampon.

Les tableaux suivant fournissent une estimation de l'enveloppe budgétaire à engager pour la mise en place d'une installation de traitement par membrane (par tranche de débit à traiter) :

Etage de microfiltration ou d'ultrafiltration :

Débit de production (m3/j)	Microfiltration (budget k€)	Ultrafiltration (budget k€)
<10	25	30
10-30	40-60	50-70
30-50	60 -80	70 -100
50 -100	80-110	100-130

A ces budgets, il faut intégrer environ 20 à 30 % pour de frais de montage, de mise en route, etc.

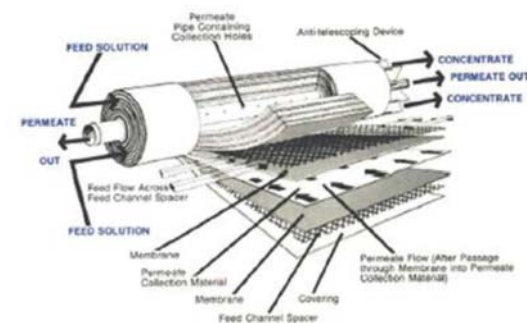
Etage de Nanofiltration ou Osmose Inverse :

Débit de production (m3/j)	Nanofiltration ou Osmose Inverse (budget k€)
<10	60 -90
10 -30	90 -130
30 -50	130 -180
50 -100	180 -250
100 -200	250 -350
200 -300	350 -450
300 -400	450 -650

A ces budgets, il faut intégrer environ 25 à 30 % pour de frais de montage, de mise en route, etc.

La nanofiltration consomme deux fois moins d'énergie que l'incinération ou l'osmose inverse. Elle permet un recyclage de nombreux produits de manière très sélective, et n'a pas recours au charbon actif, mais elle n'est utilisée que sur des eaux préalablement purifiées. De plus, la haute technicité et les coûts d'installation et de fonctionnement désavantagent la nanofiltration. Son emploi est cependant limité à des usines de capacité élevée, dont le débit d'eau journalier est supérieur à 1000 m³. (Crini, et al., 2007)

Cas de l'osmose inverse (EMIS)



Le coût d'investissement pour une installation d'osmose inverse typique de 40 m³/jour, avec les

paramètres de procédé indiqués ci-dessous, sont de l'ordre de 15 000 à 20 000€. Ce coût exclut l'installation sur site.

- Consommation d'énergie moyenne de 2,2 kW ;
- 6 membranes d'osmose inverse ;
- Pression 12 bars ;
- Récupération maximale de 75% ;
- De rétention nominale 90 -> 99% ;
- Température 13-30 ° C ;
- Température de conception de 15 ° C.

BILAN DES AVANTAGES ET INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1^{ère} approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- En théorie ces procédés sont applicables pour l'ensemble des substances dangereuses concernées, les obstacles se situant dans la définition des différents niveaux de traitement au sein d'une même installation (succession des porosités décroissantes), dans le choix des matériaux et dans les taux de conversion volumique pouvant être obtenus ;
- Adaptation facile en finition d'une filière existante (moyennant mise en place d'une protection par filtration)
- Production d'une eau traitée réutilisable généralement, même pour des usages moins nobles que l'usage initial ;
- Intérêt économique supplémentaire dans le cas (rare) d'une valorisation de la matière concentrée ;
- Très bonnes performances épuratoires (rétention totale envisageable) pour les substances concernées mais probablement au prix d'un taux de conversion volumique moyen (déchets liquides à retraiter en quantité importante) ;
- Qualité de l'eau traitée plutôt stable malgré des variations de la qualité en entrée Rejet "zéro" envisageable si la réutilisation de l'eau traitée est possible ;
- Large gamme de matériaux (organiques ou minéraux) et de technologies disponibles (formes des membranes) permettant de s'adapter à la pollution à traiter.

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Sensibilité des membranes (organiques notamment) par rapport à certaines substances ("poisons") se fixant irréversiblement, dénaturant la membrane et dégradant ses performances à terme (d'où l'importance du choix du matériau) - Sensibilité aux sels et dépôts calciques - Sensibilité des membranes organiques aux pH extrêmes et aux températures élevées Sensibilité au biofouling, etc.; OI et NF nécessitent un prétraitement poussé ;
- Consommation de réactifs (biocide, antiscalant, réactif de lavage, etc.) ;
- Production d'un concentrat (5 à 30% du volume entrant par étage en général) et d'effluents de lavages à retraiter ou à évacuer comme déchet liquide ;
- Coûts élevés des installations en investissement et en exploitation (gestion des concentrats et effluents de lavages, main d'oeuvre et énergie notamment) ;
- Essais pilotes préalables indispensables (performances, taux de conversion volumique) ;
- Prépondérance de l'expérience des fabricants pour un type de pollution donnée.
- Non applicable pour les eaux trop chargées en sels car le taux de conversion serait trop faible et les concentrats devraient être éliminés (Cas des eaux de lavages des fumées en UIOM).

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Membranes inorganiques

Les membranes inorganiques possèdent un avantage en ce qui concerne la stabilité thermique. Les membranes organiques ont un plus faible coût et présentent un plus large éventail d'applications. Cependant, ces deux types de membranes sont complémentaires. De nouvelles membranes à base de polymères naturels (chitosane par exemple) commencent à arriver sur le marché. L'utilisation des technologies à membranes est en plein essor, bien que les problèmes de colmatage limitent cette expansion. En effet, il est connu que certains composés, notamment des polymères présents dans les eaux (polysaccharides, protéines) induisent des chutes de production de certaines membranes et sont à l'origine de fortes diminutions de leurs durées de vie. (Crini, et al., 2007)

Couplage de techniques utilisant les procédés membranaires :

Un champ d'application pour la nanofiltration s'est fortement développé récemment : c'est celui du couplage avec d'autres techniques pour la mise au point de procédés de concentration et de séparation des petites molécules et ions : on peut citer le couplage NF/résines échangeuses d'ions pour éliminer les nitrates, le système NF/nanofiltration pour la récupération des métaux ou encore le couplage nanofiltration/fluides supercritiques pour extraire des petites molécules. (Crini, et al., 2007)

Les techniques membranaires peuvent avantageusement se combiner avec un traitement biologique en amont. Dans les techniques combinées biologie-membrane, l'ouvrage limitant du processus, le clarificateur, est remplacé par des membranes filtrantes de microfiltration ou d'ultrafiltration qui permettent de s'affranchir de la décantabilité des boues, paramètre déterminant en boues activées classiques. Il en résulte la possibilité de fonctionner avec des âges de boues élevés (généralement de 40 à 50 jours) et de concentrer les boues dans le bassin de boues activées entre 15 et 25 g_{MEST}/l. (g1330, 1999)

Limites

Coûts

Les techniques membranaires sont actuellement très coûteuses. Elles sont plus chères que les techniques d'adsorption sur charbon actif. Néanmoins, les coûts des traitements membranaires diminuent tous les ans à contrario du charbon actif dont le prix augmente tous les ans, liés à l'augmentation du cours du pétrole.

Ces techniques présentent éventuellement des solutions d'avenir en termes de coûts.

Utilisation

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS, l'osmose et la nanofiltration ne sont pas forcément adaptées pour les eaux de lavage des gaz. La présence de sulfates (présent dans les fumées) et de calcium (ajouté pour la précipitation d'un bon nombre de métaux) entraînent le plâtrage des membranes, les rendant inutilisables. Ces techniques sont principalement utilisées pour des eaux qui contiennent peu de sels, par exemple les lixiviats. En ce qui concerne l'ultrafiltration les grandes molécules sont retenues (octyl- et nonylphénols, pesticides,) mais les métaux en solutions passent. Cette solution peut constituer une solution de remplacement. En réalité, les petites molécules, volatils, restent dans le gaz lors du passage dans les laveurs.

Effets multi milieux

Par le biais de l'optimisation du procédé, le perméat d'une installation à membrane doit en général être purifié de manière suffisante pour être recyclé dans le procédé industriel ou pour respecter les normes de qualité minimales pour le rejet dans les plans d'eau. Le concentrat est en général soumis à un autre traitement, tel que :

- réemploi
- élimination
- évaporation
- immobilisation

Les techniques membranaires telles qu'utilisées pour la séparation des substances et l'accumulation des substances sont devenues une technologie clef dans le traitement des eaux résiduaires car étant donnée la nature purement technique de la séparation, aucun produit chimique n'est nécessaire (sauf pour le nettoyage de la membrane). En conséquence, les composants de séparation ne sont pollués ni sur le plan chimique, ni sur le plan thermique. Ces facteurs expliquent que ce traitement est efficace même pour des installations plus petites et dans des traitements d'eau décentralisés par rapport au lieu d'origine.

L'applicabilité des techniques membranaires est influencée tant par la construction que par la conception des systèmes de modules/membrane et par un certain nombre de facteurs limitant supplémentaires. (WT, 2006)

Projet « AMPERES » (Choubert, et al., 2011)

Les résultats obtenus au niveau des procédés tertiaires avancés innovants en assainissement montrent que l'osmose inverse à la capacité de rétention la plus importante des substances, y compris des métaux.

Substance	Filière tertiaire avancées - osmose inverse rendement
Nonyphénols	Rendement R2 supérieur à 70%
diuron	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
nickel	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Plomb	Rendement R2 inférieur à 30%
simazine	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Arsenic	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Cuivre	Rendement R2 supérieur à 70%
Chrome	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Zinc	Rendement R2 compris entre 30 et 70%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire osmose inverse (Choubert, et al., 2011)

Le zoom effectué sur les substances pharmaceutique a permis de mettre en évidence les rendements suivants :

Substance	Filière tertiaire avancées – osmose inverse rendement
Ethinylestradiol	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Ibuprofène	Rendement R2 supérieur à 70%
Diclofénac	Rendement R2 supérieur à 70%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire avancés ozonation (Soulie, et al., 2011)

EPA – CEC (osmose inverse)

Les données disponibles depuis la base de données sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern) compilée par l'EPA sont présentées ci-dessous (EPA, 2010).

Remarque : les taux d'enlèvement référencés dans le rapport (EPA, 2010) sont issues de sources bibliographiques cataloguées par l'EPA sur des installations à échelle industrielle et sur des procédés à échelle pilote et laboratoire. Les données disponibles concernent des effluents provenant des

matrices suivantes :

- Eau propre (distillée)
- Eau potable (source non spécifiée)
- Eau souterraine
- Eau usée industrielle
- Eau usée urbaine
- Eau d'origine agricole (fumier)
- Eau de surface
- Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire).

Les performances du traitement à l'osmose inverse sur les substances dangereuses dépendent du type de requête formulé à la base de données :

SChamps sélectionnés pour établir la requête

Type de rapport	Taux d'enlèvement pour l'unité de traitement choisie
Type de matrices	Toutes
Selected Treatment Technology	Osmose inverse
Système	Industriel, laboratoire, pilote
Inclure les données récentes	oui

Les résultats disponibles sont les suivants

Matrice	Substance	Taux d'enlèvement (moyenne en %)	Systèmes comptabilisés
Eau propre (distillée)	17 α -estradiol	16	1
	Estradiol	6	1
	Ethinyl Estradiol	9	1
Eau souterraine	Diclofenac	4	1
	Estradiol	44	2
	Ethinyl Estradiol	65	2
Eau usée urbaine	Ibuprofen	91	2
	Diclofenac	97	2
	Estradiol	80	1
Eau de surface	Ibuprofen	98	2
	17 α -estradiol	28	1
	Estradiol	27	1
Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire)	Ethinyl Estradiol	35	1
	17 α -estradiol	23	1
	Diclofenac	97	4
	Estradiol	65	2
	Ethinyl Estradiol	19	1
	Ibuprofen	91	4

Tableau: Taux d'enlèvement moyen pour les substances dangereuses selon les conditions sélectionnées. (EPA, 2010)

Remarque ARCADIS: Les données disponibles depuis la base de données avaient porté dans un premier temps à une confusion possible en termes de compréhension. En effet rien n'indiquait précisément que les taux de performance étaient calculés sur le traitement considéré (exemple charbon actif, osmose inverse) ou s'ils étaient calculés sur la chaîne de traitement complète englobant le traitement considéré.

Une confirmation du support technique (Brian D'Amico Chemical Engineer, Office of Water United States Environmental Protection Agency) précise que le taux de performance renseigné pour ce type de requête concerne le taux de performance du traitement considéré.

REFERENCES

Andreozzi R., Marotta R. et Paxéus N. Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment [Revue] // Chemosphere / éd. Pergamon. - 2003. - Vol. 50. - pp. 1319-1330. - www.elsevier.com/locate/chemosphere.

Boussahel R, Baudu M et Montiel A Influence de la matière organique et inorganique de l'eau sur l'élimination des pesticides par nanofiltration [Article] // Revue des sciences de l'eau. - 2002. - 4 : Vol. 15. - pp. 709-720.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Clark et coll [Section]. - 1988.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

Delgado TI RE 141 - Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement [Rapport]. - 2009.

EMIS Reverse osmosis [En ligne] // Energie- & milieu-informatiesysteem voor het Vlaams Gewest. - <http://www.emis.vito.be/node/22627>.

EPA Methods for the determination of organic compounds in drinking water [Rapport]. - Cincinnati : [s.n.], 1989.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Fabre B, Roth E et Heintz V Les isomères de l'hexachlorocyclohexane [Rapport]. - [s.l.] : ADEME, 2005.

Fronk et coll. [Section]. - 1990.

g1270 G 1270 - Traitement physico-chimique de la pollution insoluble [Rapport]. - 2002.

g1330 TI - Finitions à haute performance [Rapport]. - 1999.

Gendrault-Derveaux Sophie Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine [Thèse]. - 2007. - p. 236.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS CHROME ET SES COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Nickel et ses composés [En ligne] // Portail Substances Dangereuses. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1301>.

Lykins et Clark [Ouvrage]. - 1994.

OMS [Section]. - 2004b.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

WI BREF Incinération des déchets [Rapport]. - Août 2006.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.

TRAITEMENT A L’OZONE

- Les données sur le traitement à l’ozone des rejets des industries du secteur du déchet ne concernent pratiquement pas les substances dangereuses.
- Les informations disponibles sur le traitement à l’ozone (ou procédés d’oxydation avancés) d’effluents liquides contenant des substances dangereuses sont celles issues du BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l’industrie chimique et de projets liés au traitement des eaux des stations d’épuration.

Le traitement à l’ozone est un procédé d’oxydation classique. Les techniques d’oxydation chimiques classiques utilisent des oxydants puissants et variés tels que le chlore, l’**ozone**, le permanganate de potassium, l’hypochlorite de sodium ou encore l’eau oxygénée, en présence ou non de catalyseur. L’ozone est actuellement le réactif oxydant le plus utilisé en dépollution d’effluents industriels car c’est un oxydant très puissant et permet de transformer des composés difficilement dégradables en produits plus faciles à épurer par un traitement biologique ultérieur.

L’ozonation est également une méthode efficace car l’ozone permet d’obtenir des capacités d’épuration importantes avec peu ou pas de formation de sous-produits. On peut aussi l’associer à d’autres oxydants, à un catalyseur ou encore à d’autres méthodes (irradiation UV, filtration membranaire), afin d’augmenter sa capacité d’oxydation. (Crini, et al., 2007)

Les procédés d’oxydation avancée sont définis comme des procédés de traitement d’eau fonctionnant à température et pression proches des conditions ambiantes et qui impliquent la production d’un oxydant secondaire plus puissant à partir d’un oxydant primaire.

L’objectif est d’obtenir des rendements d’oxydation poussés pour les polluants difficiles à oxyder. Ils mettent en œuvre une activation chimique, photochimique, catalytique pour activer l’ozone, le peroxyde d’hydrogène, l’oxygène et induire la formation de radicaux hydroxyles. (BAIG, et al., 2010).

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Principalement utilisé pour le traitement des lixiviats : sous-secteurs 3.1 et 3.2	Anthracène Fluoranthène Naphthalène Nonylphenols Octylphenol HAP Diuron PCB Pesticides Simazine Atrazine Ibuprofène Diclofénac	Traitement secondaire ou de finition	L’action sur les pesticides peut parfois amener à la production de produits toxiques ; En cas de forte dose d’oxydant, certains composés haloformes sont susceptibles de se former en présence de matière organique

DESCRIPTIF

L'ozone est une forme allotropique de l'oxygène. C'est une molécule formée de trois atomes d'oxygène dont le symbole est O₃. Dans les conditions usuelles d'utilisation, il est à l'état gazeux et soluble dans l'eau. C'est un oxydant puissant et donc chimiquement instable dans les mélanges gazeux et liquides.

L'ozonation est un traitement chimique par oxydation. Il est considéré comme l'un des oxydants les plus puissants (avec le chlore et l'eau oxygénée). L'utilisation de réactifs chimiques oxydants pour le traitement des eaux a concerné, à l'origine, la stérilisation de l'eau ou plus exactement, la destruction des germes pathogènes.

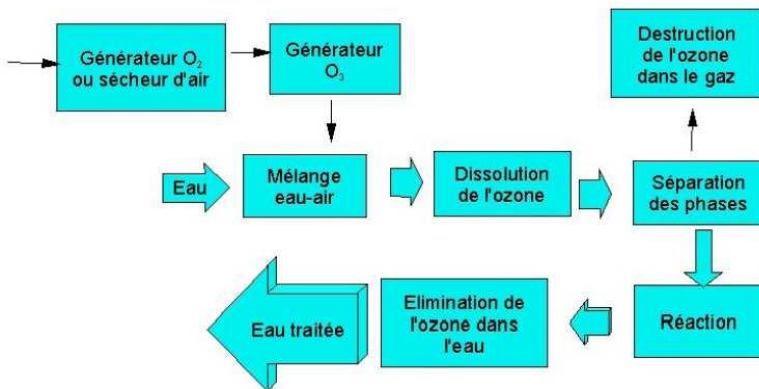
L'ozone a l'avantage de permettre des actions complémentaires dans la destruction d'un grand nombre de micropolluants et dans l'amélioration des goûts, des odeurs et dans la destruction des couleurs.

- Il trouve son application dans certaines industries comme les papeteries pour blanchir le papier. A l'exception de son utilisation pour la désinfection de l'eau potable ou en traitement de finition pour décolorer des rejets de stations d'épuration d'effluents textiles, son application dans la dépollution d'effluent est plutôt rare (pour des raisons économiques). L'ozone est un réactif multifonctionnel :
- Il détruit des composés toxiques tels que les cyanures et les phénols. Il attaque les colorants organiques naturels (acides humiques, tanins, lignines...) et artificiels responsables de la coloration des eaux,
- Il réagit de manière sélective avec les composés organiques contenus dans l'eau et il les transforme en matières plus faciles à décomposer par traitement biologique ultérieur.

La chimie de l'ozone dans l'eau est gouvernée par deux types de réaction :

- Il peut agir directement sous sa forme moléculaire,
- Il peut être décomposé par différents mécanismes, conduisant à la formation du radical hydroxyde OH_o, agent oxydant plus puissant que l'ozone lui-même (potentiel d'oxydoréduction de 2,80 V/ENH dans le cas de OH_o, 2,08 V/ENH dans le cas de O₃).

Pour éviter une surconsommation d'ozone (optimisation du frais d'exploitation), il est recommandé d'éliminer (ou au moins réduire) les matières en suspension de l'effluent à traiter. En effet, celles-ci sont très consommatrices d'ozone.



Sont développés aujourd'hui des **procédés d'oxydation avancée** dont le principe commun est la promotion de la formation du radical hydroxyle.

On peut citer :

- l'ozonation à pH basique,
- le couplage O₃/H₂O₂,
- l'activation photochimique par l'irradiation ultraviolette couplée aux oxydants O₃ et /ou H₂O₂,
- l'ozonation catalytique permet d'obtenir des abattements de DCO dure supérieurs à ceux de l'ozonation seule tout en limitant significativement la consommation d'ozone et augmentant les cinétiques réactionnelles.

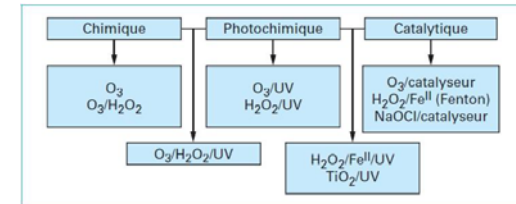


Figure : Principaux systèmes d'oxydation avancée
source : (BAIG, et al., 2010)

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement d'une installation d'ozonation (générateur d'ozone) est réalisé sur la base de la consommation (besoin) en ozone. La consommation en ozone dépend du type et de la charge de pollution à traiter (DCO, métaux, composés organique, etc).

L'efficacité du traitement nécessite aussi un temps de contact minimal de 30 minutes. Par exemple, la quantité nécessaire d'ozone pour éliminer (en traitement de finition) un gramme de DCO varie de 20 à 30 g d'O₃. Ce taux de traitement est variable en fonction des composés présents dans l'effluent à traiter et des objectifs de qualité à atteindre (traitement total ou partiel).

La quantité d'ozone nécessaire et le temps de contact sont souvent déterminés après la réalisation d'essais au stade laboratoire ou en installation pilote dynamique.

Dans le cas d'un traitement à l'ozone, il est nécessaire de mettre en place un filtre à charbon actif en aval afin de retenir les sous-produits d'oxydation pouvant être nocifs et l'éventuelle formation de bromates. (Dore, 1989, Ch6) dans (Gendrault-Derveaux, 2007)

La dose d'ozone à mettre en œuvre pour le traitement d'une eau donnée doit se déterminer par un essai en laboratoire (Degremont, 2005).

SUBSTANCES CONCERNÉES

N'étant pas sélectif, l'ozone est susceptible d'oxyder tout composé réducteur (composé organique, métaux, colorants, etc). L'oxydation peut être plus ou moins poussée pour aboutir soit à des composés (structure intermédiaire : molécules moins complexes mieux biodégradables) soit à des structures élémentaires (gaz, oxydes métalliques, etc). Dans le cadre de l'étude, ce traitement peut concerner les paramètres suivants (RMC, 2010)

- Naphtalène,
- Octylphénols (para tert octylphénol),
- Métaux

Les procédés de traitement chimiques classiques s'avèrent inefficaces contre certains polluants organiques tels que PCB, pesticides, HAP... Pour éliminer ces molécules, les POA sont capables

d’oxyder les polluants organiques et organométallique jusqu’à l’étape ultime d’oxydation (transformation en CO₂). Les POA constituent un moyen efficace de traiter les effluents chargés de substances toxiques et bio réfractaires. (Crini, et al., 2007)

Selon (Degrémont, 2005), le traitement à l’ozone est efficace vis-à-vis des molécules organiques comportant des doubles liaisons ou des cycles aromatiques qu’il transforme en molécules plus facilement biodégradables. Le traitement à l’ozone s’applique donc de façon efficace aux substances organiques suivantes :

- Trichloroéthylène ;
- Tétrachloroéthylène ;
- Phénols

Substances Organiques

Anthracène - Fluoranthène - Naphtalène

Traitement à l’ozone (RMC, 2010)

Ce traitement semble être l’une des meilleures techniques de traitement pour les micro-polluants (taux d’élimination de 99%). Note fiabilité : 3

Nonylphenols - octylphénol

Traitement à l’ozone (RMC, 2010)

Il peut s’employer seul ou combiné avec le traitement par charbon actif. Note fiabilité : 3

L’ozone forme des sous-produits en réaction avec les phénols. Le nonylphénol, comme les composés oestrogénique, possèdent un anneau phénolique avec lequel l’ozone peut réagir pour former des sous-produits. Ces derniers formés ont un potentiel oestrogénique plus faible que les substances mères. L’ozone permet ainsi de réduire le caractère oestrogénique de l’effluent. (Belanger, juin 2010)

HAP (INERIS, 2006)

Pour le traitement de l’eau destinée à la consommation humaine, les techniques de clarification sont efficaces mais pas toujours suffisantes. Les HAP résiduels sont alors éliminés par les procédés suivants :

- l’ozonation (conditions habituelles d’utilisation : de 1 à 4 mg/l pour un temps de contact allant de 4 à 10 mn) ;
- les procédés d’oxydation avancée. [Agence de l’eau Loire-Bretagne, 1996 ; in Palayer et al., 1997]

Diuron

Le procédé d’oxydation avancé electro-fenton a montré son efficacité dans le traitement de solution aqueuse contenant du Diuron (Crini, et al., 2007).

PCB et pesticides

Les POA photochimique tel que la photocatalyse (par TiO₂) a permis la dégradation de contamination tels que pesticides et PCB (Crini, et al., 2007).

Pentachlorophénol

Il existe plusieurs types de traitements par oxydation pour éliminer le pentachlorophénol des rejets des industries concernées par le traitement du bois : l’oxydation au chlore, le peroxyde d’hydrogène et l’ozone. (HSDB, 2011)

Simazine

Traitement combiné ozone/UV

L’ozonation permet dans certains cas la biodégradabilité des composés. Il a été observé que le niveau de biodégradabilité de la simazine est considérablement augmenté lorsqu’un pré-traitement à l’ozone/UV est appliqué. (Lai et al. 1995) dans (Gendrault-Derveaux, 2007)

Atrazine

Selon US EPA (1989), l’oxydation à l’ozone et le rayonnement ultraviolet ont été utilisés avec succès pour éliminer l’atrazine et ses métabolites de l’eau potable.

Ozonation

Sous l’effet de l’ozonation, une réduction de 80% de l’atrazine présente initialement à une concentration de 5 µg.L⁻¹ l’atrazine subit une déalkylation pour former de la deséthyleatrazine (DEA) (Husley et al. 1993) dans (Gendrault-Derveaux, 2007)

Oxydation au peroxyde d’hydrogène

Selon Gaid et Ravarini (1996) et Degrémont (1994) dans (Gendrault-Derveaux, 2007), le couplage de l’oxydation au peroxyde d’hydrogène et de l’ozonation permet d’éliminer 90% de l’atrazine avec des taux d’ozonation de l’ordre de 3 mg.L⁻¹ d’O₃. L’efficacité de ce traitement dépend de la dose de H₂O₂ utilisée et l’élimination de l’atrazine serait optimale à partir d’un rapport massique O₃/H₂O₂ de 2,5. Selon ces mêmes sources la combinaison O₃/ H₂O₂ à des rapports massiques de l’ordre de 4, avec une dose initiale d’ozone d’environ 2 mg.L⁻¹ permettrait un abattement de l’atrazine de 80%.

Pour une dose d’ozone de 2 mg.L⁻¹, l’élimination de l’atrazine peut atteindre 46% pour une concentration initiale de 370 µg.L⁻¹. L’élimination s’élève à 75% en présence de peroxyde d’hydrogène, ajouté dans un rapport H₂O₂/O₃ de 0,4 g.g⁻¹ (Richard et al. 1991) dans (Gendrault-Derveaux, 2007)

Diphényléther polybromés (Belanger, juin 2010)

Une des principales problématiques de la formation des sous-produits de la désinfection avec l’ozone est sa réactivité avec les composés bromés et la formation possible de deux composés cancérigènes, le BrO₃⁻ et le TOBr (Zhang et al., 2007). Un dosage maximal de 2 mg/L de O₃ est suggéré afin de prévenir la formation des sous-produits bromés

L’utilisation de procédés d’oxydation avancés, combinant plusieurs oxydants comme O₃/H₂O₂ par exemple, peut permettre de réduire la quantité d’ozone nécessaire à la désinfection et ainsi atténuer la formation des sous-produits bromés.

Substances complémentaire

Ethinylestradiol-17alpha

L’ozone forme des sous-produits en réaction avec les phénols. Les composés oestrogéniques possèdent un anneau phénolique avec lequel l’ozone peut réagir pour former des sous-produits. Ces derniers formés ont un potentiel oestrogénique plus faible que les substances mères. L’ozone permet ainsi de réduire le caractère oestrogénique de l’effluent.

Dosages d’ozone	E1	E3	EE2	Références
2,0 mg/L			> 90	Huber <i>et al.</i> , 2005
2,1 mg/L	< 1	< 1		Snyder <i>et al.</i> , 2006
3,6 mg/L	< 1	> 81		Snyder <i>et al.</i> , 2006
5,0 mg/L	> 80			Ternes <i>et al.</i> , 2003
7,1 mg/L	> 94	> 91		Snyder <i>et al.</i> , 2006

Dégradation des estrogènes d’effluents municipaux en fonction du dosage d’ozone (E1 : Estrone ou oestrone, E3 : Estriol ou oestriol, EE2 : 17α-éthynylestradiol)

SOUS -SECTEURS CONCERNES

Il est difficile d'envisager un traitement à l'ozone seul. Par contre cette technique peut être mise en œuvre en tant que traitement de finition ou en traitement de pré-oxydation sur des effluents particuliers (plutôt dilués) en amont d'un procédé classique (traitement biologique par exemple).

Les traitements à l'ozone et les procédés d'oxydation avancés sont fortement utilisés dans le traitement des lixiviats.

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Il est difficile d'évaluer des coûts qui dépendent bien sûr du débit mais aussi de la quantité d'ozone à produire. On peut toutefois évoquer les ratios suivants:

- 50 à 150 Euros HT par gO₃/h
- 2 à 3 g d'O₃ par g de DCO

Exemple en finition : 10 m³/h, 50 mg/l de DCO, 3*50*10=1500gO₃/h soit 75 à 225 k€HT.

Les fournisseurs d'installations proposent des tailles standards d'ozoneurs adaptés pour fournir différentes gammes de débit (g d'ozone par heure) allant de quelques grammes 2 -3 grammes d'O₃/h jusqu'à quelques centaines de kg.

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES**ESTIMATIVES**

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas, une première approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière de traitement des effluents liquides à étudier : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- Large spectre d'action sur les substances organiques et sur les métaux (formation d'oxydes particuliers) ;
- Procédé en constante évolution pour le traitement épuratoire des eaux résiduaires industrielles (ozonation catalytique par exemple) ;
- Couplage possible avec d'autres techniques d'oxydation (peroxygène, UV, ...) ou d'autre procédés épuratoires, mais en augmentant la complexité et les coûts ;
- Meilleure efficacité sur les molécules plutôt réfractaires aux autres techniques d'oxydation - Performances de traitement faibles à très bonnes selon les substances ;
- Bonne reproductibilité des essais laboratoire à l'échelle industrielle ;
- Fort potentiel de développement futur des procédés d'oxydation avancée de façon générale, en couplage avec d'autres techniques ;

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Nécessité de réduire les MES et la pollution parasite pour optimiser la consommation en ozone (pas de sélectivité) ;
- Pas adapté en cas de forte pollution dissoute. D'un autre côté, pour les effluents très dilués les cinétiques de réaction seraient très faibles et difficiles à amorcer, réduisant donc la faisabilité pour un traitement en finition ;

- En épuration industrielle, faisabilité économique réservée à certaines applications (finition, ou prédégradation si la teneur en pollution est limitée (DCO<500mg/l)) ;
- Nécessité de tests de faisabilité en laboratoire avec évaluation de la cinétique des réactions en jeu ;
- Risque de synthèse de produits d'oxydation toxiques en cas de réactions incomplètes.

L'utilisation des procédés d'oxydation avancés présente les avantages et inconvénients suivants (Crini, et al., 2007) :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Production in-situ de radicaux réactifs • Pas ou peu de produits chimiques utilisés • Minéralisation des polluants • Pas de production de boues • Dégradation rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • Procédés émergents • Problèmes économiques • Non adapté au traitement de grands volumes

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS, les procédés d'oxydation avancés constituent actuellement le seul traitement existant pour traiter les cyanures présents notamment dans les lixiviats. L'oxydant généralement utilisé est le chlore. Du chloroforme est cependant formé et doit être traité, par stripping par exemple.

Sous-produits générés :

Selon (Degremont, 2005) une attention particulière doit être apportée aux caractéristiques des sous-produits générés car ils peuvent être tout aussi indésirables que le produit de départ. Le cas des pesticides de type triazines (atrazine, simazine) est cité. En effet ces pesticides dont le cycle formé par les trois atomes d'azote n'est pas coupé par une oxydation conventionnelle (ozone, ozone plus peroxyde) mais conduit à partir d'atrazine par exemple à la formation de déséthyl- ou désiso-propylamine, d'où l'interdiction du procédé Perozone (O₃ + H₂O₂) en France pour traiter les eaux contenant des pesticides.

Réutilisation des eaux de process (TI, 2009)

Certains procédés d'oxydation avancés offrent aux industriels la possibilité de réutiliser une partie des eaux de process. Ces procédés sont actuellement utilisés par les industriels de la chimie, de la pétrochimie, de la pharmacie ou encore de l'agro-alimentaire.

Il s'agit d'une alternative efficace à l'utilisation de charbon actif ou encore à la pré-chloration qui repose sur la formation du radical hydroxyle, un puissant oxydant qui réagit chimiquement avec toutes sortes de micro-contaminants tels que les PCB, les dioxanes ou bien les composés classiques du goût et de l'odeur (Ex. technologie HiPOx développé par Applied process technology Inc.).

Ce procédé permet, grâce à une dissolution de 95% à 100% du mélange oxydant, la destruction de certaines substances de l'étude : micro-contaminants tels que les perturbateurs endocriniens (phtalates, bisphénols, HBCD), les perturbateurs oestrogéniques (hormones naturelles ou synthétiques), PCB, HAP, les pesticides (Triazines) et les antibiotiques.

Traitement par le ferrate (Belanger, juin 2010)

Le ferrate (FeO₄²⁻) se démarque des autres oxydants par sa double fonction. Il permet l'oxydation d'une gamme variée de composés présents dans les eaux usées et sa décomposition en Fe³⁺ lui octroie des propriétés coagulantes. Son utilisation peut donc s'avérer avantageuse pour une installation en simplifiant les opérations et en réduisant de manière notable la production de sous-produits. Le ferrate présente le plus grand pouvoir oxydant.

Le ferrate dégrade certains contaminants organiques présents dans les eaux usées ainsi que des produits pharmaceutiques et des perturbateurs endocriniens.

Il n'existe présentement aucune étude concernant la formation des sous produits de l'oxydation du nonylphénol par le ferrate. Des concentrations de ferrate de 5 mg/L à 10 mg/L permettent de réduire les concentrations de nonylphénol de l'effluent respectivement de 71% et 85% pendant trois minutes. Dans ce cas, le pH joue un rôle déterminant dans l'oxydation des nonylphénols.

L'efficacité de la dégradation des nonylphénols par le ferrate est maximale à pH 6, cependant, elle est aussi présente à un pH situé entre 6 et 8 pendant trois à six minutes.

BREF

Le BREF du traitement des déchets indique que les eaux résiduaires fortement polluées peuvent être traitées avec de l’ozone seul ou avec de l’ozone et des ultraviolets en combinaison avec des procédés de traitement biologique. (WT, 2006)

D'autres composés azotés peuvent être dégradés par le biais d'une combinaison du traitement à l'ozone avec des procédés biologiques. Dans ce cas, les eaux résiduaires sont transportées par une pompe d'influx dans un conteneur de dénitrification. De l'acide phosphorique est ajouté à l'influx. Avant que le fluide ne pénètre dans le conteneur de dénitrification, le retour de la nitrification est ajouté.

Dans les réacteurs à ozone, l'ozone peut réagir avec des substances oxydables contenues dans les eaux résiduaires. En aval des réacteurs à UV, l'ozone qui reste dans l'eau est détruit ou converti en radicaux qui réagissent ensuite avec les substances organiques.

Après le traitement à l'ozone et aux ultraviolets, une partie de l'eau de cyclage est rejetée du procédé dans le flux sortant sous forme d'eau résiduaire épurée.

Les avantages de l'oxydation avec de l'ozone seul ou en combinaison avec des rayons UV sont alors une réduction de la concentration de :

- hydrocarbures organiques dissous (DOC)
- hydrocarbures halogénés
- hydrates de carbone aromatiques polycycliques (PAC)
- pesticides
- dioxines
- micro-organismes (pathogènes).

Si le traitement ozone/UV est combiné avec une phase biologique, le traitement biologique produit des boues d'épuration qui doivent ensuite être soumises à un autre traitement. Certains problèmes à envisager sont :

- le traitement ozone/UV n'altère pas les produits aliphatiques à chaîne plus longue sans double liaison,
- avec des eaux résiduaires colorées ou turbides, le traitement n'est possible que si le traitement aux UV n'est pas nécessaire pour dégrader le contenu,
- les substances inorganiques contenues dans les eaux résiduaires ne sont pas modifiées et de fortes concentrations de sel peuvent entraîner une perturbation de procédé.

Projet « POSEIDON »

Selon les conclusions du projet POSEIDON, les procédés d'oxydation tels que la chloration et l'ozonisation sont efficaces pour réduire les concentrations de plusieurs types de micropolluants, mais l'efficacité d'élimination est fonction de la structure du contaminant et de la dose de l'oxydant. Cependant, les résultats liés à ce programme montrent que si l'ozone semble efficace sur des composés porteurs de groupes fonctionnels réactifs, pour ceux de faible réactivité, seules des

méthodes d'oxydation avancée, associant ozone et peroxyde d'hydrogène ou ozone et UV ont quelques chances d'améliorer les rendements d'élimination. Certains auteurs ont ainsi montré que l'élimination de l'ibuprofène est de l'ordre de 30 % dans une filière classique et passe à près de 80 % lors d'oxydation avancée. D'autres semblent obtenir des résultats satisfaisants sur le diclofénac. (Delgado Zambrano, et al., 2009)

Projet « AMPERES » (Choubert, et al., 2011)

Les rendements observés dans le cadre du projet AMPERES montrent que l'ozonation testée à pleine échelle s'est révélée particulièrement performante pour éliminer les pesticides, mal éliminés par les procédés secondaires. Aucune amélioration de rendement n'a été observée pour les métaux pour l'ozonation.

Pour ce type de filière avancée, les questions de génération de produits de dégradation, de technicité supplémentaire (traitement des concentrats par exemple) et d'exploitation, et au final du gain environnemental compte tenu de la consommation énergétique supplémentaire nécessaire, sont posées. Ces techniques conduiraient jusqu'à un doublement des coûts annuels de traitement déjà nécessaires pour les filières secondaires.

L'utilisation de telle solution technique doit donc être minutieusement examinée en fonction de la sensibilité des milieux récepteurs (exemple: paramètres déclassant des milieux) en concertation avec les acteurs du domaine de l'eau et des réseaux d'assainissement.

	Filière tertiaire avancées - ozonation
Substance	rendement
Atrazine	Rendement R2 supérieur à 70%
Diuron	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Nickel	Rendement R2 inférieur à 30%
Simazine	Rendement R2 supérieur à 70%
Ioproturon	Rendement R2 compris entre 30 et 70%
Zinc	Rendement R2 inférieur à 30%
Arsenic	Rendement R2 inférieur à 30%
Cuivre	Rendement R2 inférieur à 30%
Chrome	Rendement R2 inférieur à 30%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire ozonation (Choubert, et al., 2011)

Le zoom effectué sur les substances pharmaceutique a permis de mettre en évidence les rendements suivants :

	Filière tertiaire avancées - ozonation
Substance	rendement
Ibuprofène	Rendement R2 supérieur à 70%
Diclofénac	Rendement R2 supérieur à 70%

Tableau : Gamme de rendement R2 pour le procédé de traitement tertiaire avancés ozonation (Soulier, et al., 2011)

EPA – CEC (traitement à l’ozone)

Les données disponibles depuis la base de données sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern) compilée par l'EPA sont présentées ci-dessous (EPA, 2010).

Remarque : les taux d'enlèvement référencés dans le rapport (EPA, 2010) sont issues de sources bibliographiques cataloguées par l'EPA sur des installations à échelle industrielle et sur des procédés à échelle pilote et laboratoire. Les données disponibles concernent des effluents provenant des matrices suivantes :

- Eau propre (distillée)
- Eau potable (source non spécifiée)
- Eau souterraine
- Eau usée industrielle
- Eau usée urbaine
- Eau d'origine agricole (fumier)
- Eau de surface
- Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire).

Les performances du traitement à l'ozone sur les substances dangereuses dépendent du type de requête formulé à la base de données :

Champs sélectionnés pour établir la requête

Type de rapport Taux d'enlèvement pour l'unité de traitement choisie

Type de matrices Toutes

Selected Treatment Technology Traitement à l'ozone

Système Industriel, laboratoire, pilote

Inclure les données récentes oui

Les résultats disponibles sont les suivants

Water Waste Type	Compound	Taux d'enlèvement (moyenne en %)	Systèmes comptabilisés
Eau propre (distillée)	Atrazine	78	2
	Diclofenac	93	3
	Estradiol	98	4
	Ethinyl Estradiol	98	2
	Ibuprofen	95	2
	Lindane	14	2
Eau usée urbaine	Diclofenac	98	2
	Estradiol	76	2
	Estriol	63	1
	Ibuprofen	35	1
	Nonylphenol	29	2
	Octylphenol	28	1
Eau de surface	Atrazine	37	17
	Bezafibrate	78	1
	Diclofenac	97	17
	Estradiol	99	16
	Ethinyl Estradiol	99	16
	Fluoranthene	94	1
	Heptachlor	53	1
	Ibuprofen	68	17
	γ-hexachlorocyclohexane	8	13
	Naphthalene	87	1

Water Waste Type	Compound	Taux d'enlèvement (moyenne en %)	Systèmes comptabilisés
Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire)	Atrazine	34	4
	Diclofenac	98	15
	Estradiol	92	4
	Ibuprofen	73	17
	Nonylphenol	71	2
	Octylphenol	100	1

Tableau: Taux d'enlèvement moyen pour les substances dangereuses selon les conditions sélectionnées. (EPA, 2010)

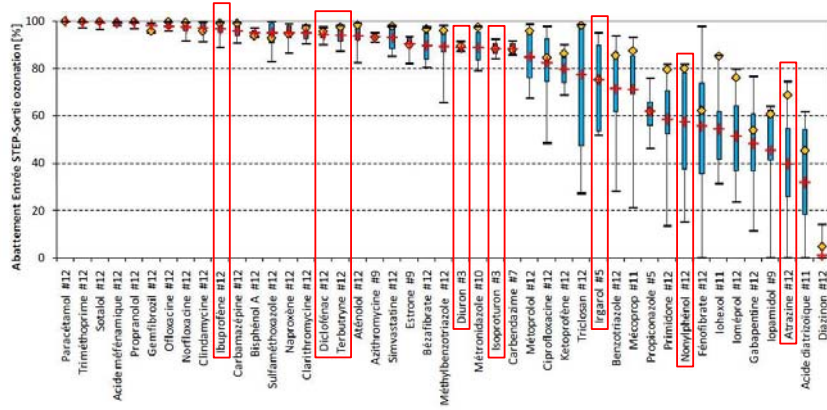
Remarque ARCADIS: Les données disponibles depuis la base de données avaient porté dans un premier temps à une confusion possible en termes de compréhension. En effet rien n'indiquait précisément que les taux de performance étaient calculés sur le traitement considéré (exemple charbon actif, osmose inverse) ou s'ils étaient calculés sur la chaîne de traitement complète englobant le traitement considéré.

Une confirmation du support technique (Brian D'Amico Chemical Engineer, Office of Water United States Environmental Protection Agency) précise que le taux de performance renseigné pour ce type de requête concerne le taux de performance du traitement considéré.

Stratégie Micropoll

Les résultats concernant le projet « Stratégie Micropoll » et relatifs au traitement d'ozonation est présenté ci-dessous. Cet abattement est calculé entre l'entrée de la STEP et la sortie de l'ozonation y compris l'effet du traitement biologique. Les résultats doivent donc être comparés à ceux obtenus par lit fluidisé (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011).

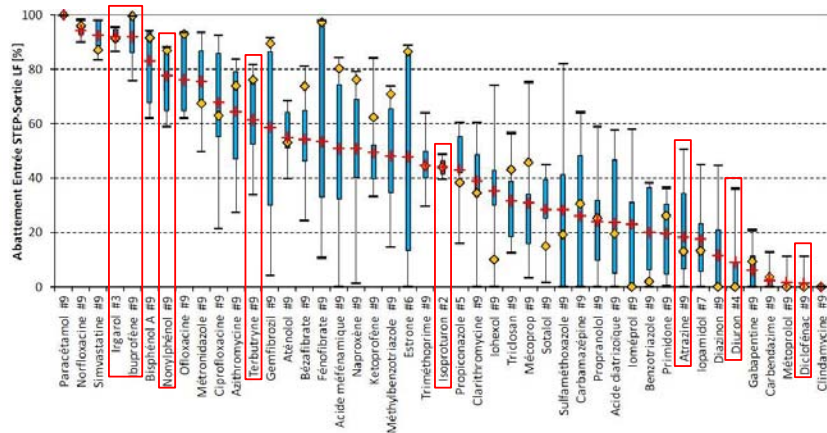
Ozonation



Abattement de 45 micropolluants détectés entre l’entrée de la STEP et la sortie de l’ozonation (y compris l’effet du traitement biologique) lors des 4 GC (12 analyses, dosage d’ozone entre 3 et 7 mgO₂/l). Le numéro (#) indique le nombre d’analyses pour la substance. Représentation avec les quartiles 25-75% (rectangle bleu), les valeurs minimum/maximum et la moyenne (+). Le losange orange (o) représente la moyenne de la GC de mai, lors de laquelle l’ozonation était optimisée (6.7 mgO₂/l, 87% d’élimination sur les 45 substances). (L’abattement moyen des 45 micropolluants sur les 4 GC est de 80%)

Source : (Service d’assainissement de La ville de Lausanne, 2011). (GC : Grande campagne)

Lit fluidisé



Abattement de 45 micropolluants détectés entre l’entrée de la STEP et la sortie du lit fluidisé (nitrification partielle à totale) lors de 3 GC (9 analyses). Le numéro (#) indique le nombre d’analyses pour la substance. Représentation avec les quartiles 25-75% (rectangle bleu), les valeurs minimum/maximum et la moyenne (+). Le losange orange (o) représente la moyenne de la GC d’octobre 2009 (bonne biologie avec une nitrification totale). (L’abattement moyen des 45 micropolluants sur les 3 GC est de 44%).

Source : (Service d’assainissement de La ville de Lausanne, 2011). (GC : Grande campagne)

Le degré d’élimination est fortement amélioré en sortie d’ozonation comparé à l’effet du traitement biologique seul.

Les résultats disponibles concernant les substances à effet hormonales sont présentés ci-dessous :

Substances	Concentration moyenne en [ng/l] (GC de mai 2010)			
	LQ [ng/l]	Entrée STEP	Sortie LF	Sortie ozonation
17β-estradiole	0.5	13.5	1.3	<0.5
17α-éthynylestradiole	1.9	2.3	<1.9	<1.9

L’ozonation permet d’améliorer l’abattement du 17β-estradiole. La concentration en 17α-éthynylestradiole en sortie de lit fluidisé étant inférieure à la limite de quantification l’effet de l’ozonation n’est pas mesurable.

REFERENCES

BAIG Sylvie et MOUCHET Pierre Oxydation et réduction appliquées au traitement de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2010. - Vol. TI 860-w2102.

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Coillie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P__12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

Delgado Zambrano Luis Fernando et Albasi Claire Médicaments dans l'eau : présence, risques et potentialités de traitement [Ouvrage]. - [s.l.] : Techniques de l'ingénieur, 2009. - RE141.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Gendrault-Derveaux Sophie Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine [Thèse]. - 2007. - p. 236.

INERIS HAP [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

RMC agence de l'eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

Service d'assainissement de La ville de Lausanne Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne) [En ligne] // Office fédéral de l'environnement OFEV / éd. Lausanne Ville de. - Janvier 2011. - 2012. - http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZLpZig7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1ae2lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGode tmqaN19Xl2ldvoaCVZ,s-.pdf. - UW-0917-F.

Soulier C [et al.] Zoom sur les substances pharmaceutiques : présence, partition, devenir en station d'épuration [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - 2011.

TI Réutilisation des eaux de process grâce à l'oxydation - La technologie HiPOx [En ligne] // Instantanés Techniques. - décembre 2009. - 2011. - http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/environnement-securite-energie-thematique_191/reutilisation-des-eaux-de-process-grace-a-l-oxydation-article_7376/.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Rapport]. - 2006.

TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Les données sur le traitement biologique des rejets des industries du secteur du déchet ne concernent pratiquement pas les substances dangereuses. Les informations relatives au traitement par voie biologique d'effluents liquides contenant des substances dangereuses sont celles issues du BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique et de projets liés aux traitements des eaux des stations d'épuration.

Les procédés d'épuration par voie biologique sont multiples et de conceptions variées (procédés intensifs à cultures libres, les lits bactériens, les disques biologiques, les procédés extensifs ou encore la biofiltration). Tous ces procédés reposent sur le principe que tout polluant organique biodégradable peut être utilisé comme élément nutritif et/ou comme source énergétique pour des organismes vivants tels les bactéries et les plantes. (Crini, et al., 2007)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
L'ensemble des sous-secteurs du déchet.	1,2-dichloroethane 2,4,6-dichlorophenol Atrazine Anthracène fluoranthène naphtalène Hexachlorobenzène Hexachlorocyclohexane Nonylphénols Simazine Toluène Tributylphosphate Xylène (BTEX) Trichloroéthylène Tétrachloroéthylène Tributylphosphate Pentabromodiphényléther Décabromodiphényléther Tétrabromodiphényléther Tribromodiphényléther 17β-estradiol Ibuprofène	<u>Traitement biologique anaérobie</u> : Principalement utilisé comme prétraitement des eaux usées caractérisées par une charge organique élevée et une qualité plus ou moins constante ; Souvent utilisés comme étapes préliminaires avant un traitement biologique aérobie. <u>Traitement biologique aérobie</u> : Généralement utilisé comme traitement final de l'étape biologique	<u>Traitement biologique anaérobie</u> : Très sensible aux substances toxiques. <u>Traitement biologique aérobie</u> : Le rapport DBO/N/P doit être 100/5/1 ; Rapports critiques ne devant pas être dépassés pour garantir un fonctionnement correct : DBO/N : 32/1 et DBO/P : 150/1. Les concentrations élevées (même de substances non toxiques) doivent être évitées. Une température des eaux usées >35 °C peut s'avérer dangereuse pour les micro-organismes. Les charges en sels élevées (>30 g/l) peuvent perturber le procédé biologique en altérant les micro-organismes ; les techniques à film fixe sont moins vulnérables.

DESCRIPTIF

Le traitement biologique consiste à mettre en contact, sous des conditions contrôlées de pH et de température, le substrat carboné (pollution organique apporté par les effluents) et une biomasse épuratrice utilisant ce substrat dans son métabolisme. Les caractéristiques des effluents à traiter et les niveaux de rejet exigés dans l'eau traité conditionnent le choix et le dimensionnement de la filière.

Le traitement biologique se définit donc comme la dégradation des substances organiques dissoutes par des micro-organismes (bactéries) utilisés comme agents d'oxydation. L'azote et le phosphore organiques se transforment respectivement en ion ammonium et en phosphate. La biodégradabilité d'un flux d'eaux usées peut être évaluée empiriquement au moyen du rapport DBO/DCO (avant traitement) (CWW, Février 2003) :

- DBO/DCO <0,2 : eaux usées peu dégradables
- DBO/DCO compris entre 0,2 et 0,4 : moyennement à plutôt dégradables
- DBO/DCO >0,4 : dégradables

Il existe deux grands types de procédés métaboliques :

- les procédés aérobies, utilisant de l'oxygène dissous
- les procédés anaérobies, sans apport d'oxygène

Paramètre	Anaérobie	Anoxique	Aérobie
Oxygène dissous (OD) [mg/l]	0	0	>0
Consommation d'énergie	Faible	Faible	Élevée
Production de boues	Faible	Élevée	Élevée
Sensibilité aux substances toxiques	Élevée	Faible	Faible
Applicabilité comme prétraitement	Oui	Oui	Oui
Applicabilité comme traitement final	Non	Non	oui

TRAITEMENTS BIOLOGIQUES AEROBIES

Les processus de biodégradation du substrat carboné (DCO, DBO5) par les microorganismes se déroulent en présence d'oxygène sous des conditions définies de pH et de température. On distingue :

Le traitement biologique par culture fixée (peu ou pas applicable dans le cadre de l'étude) :

Il s'agit de mettre en contact les effluents à traiter avec une biomasse fixée sur un support minéral ou synthétique. Parmi les principales filières on peut distinguer :

Les lits bactériens :

Les effluents distribués en haut du réacteur (tour de 3 à 4 mètres) "ruissellent" sur du matériau plastiques tapissés d'un film de biomasse épuratrice. L'apport d'oxygène est assuré par l'effet cheminé du réacteur. Ce type de traitement est souvent utilisé comme premier étage pour réduire entre 50 et 70 % de la charge polluante d'effluents concentrées avant leur admission sur un traitement de finition par boues activées.

Les biofiltres :

Les effluents à traiter traversent (flux ascendant ou descendant) un lit composé de matériaux filtrant (sables, argiles expansée, etc) sur lequel est fixée une biomasse épuratrice. L'apport d'oxygène est assuré par aération à la base du réacteur (ouvrage de 3 à 4 mètres de hauteur).

Ce type de traitement est souvent appliqué dans le cas d'effluents faiblement chargés ou pour traiter l'azote.

Le traitement biologique par culture libre :

Ce traitement biologique est le procédé le plus appliqué dans l'épuration des eaux usées résiduaires urbaines et industrielles. Dans le cadre de l'étude, le traitement par boues activées constitue l'un des principaux étages prérequis de la filière de traitement. En effet, compte tenu des concentrations à atteindre, sauf cas particuliers il sera nécessaire de mettre en œuvre un traitement de finition. Ce dernier doit le plus souvent être appliqué sur des effluents débarrassés des polluants majeurs (DCO, DBO5, MeST voire l'azote et/ou le phosphore).

Le traitement biologique par culture libre trouve son application dans différents secteurs d'activité engendrant des effluents susceptible d'être traités par voie biologique (agroalimentaire, chimie, pétrochimie, textile, papeterie, etc). Il consiste à mettre en contact, dans un réacteur aéré, les effluents à traiter avec la biomasse épuratrice sous des conditions bien définies : de pH, - d'oxydoréduction (taux d'oxygène), de température, de charge massique : kg de pollution (DCO, DBO5) /kg de MVS.j

Il peut être mis en œuvre selon différentes technologies :

Par boues activées :

Les micro-organismes agglomérés en floc (boues activées) sont maintenus en suspension dans un bassin d'aération. Les besoins en oxygène (métabolisme bactérien et respiration de la biomasse) sont assurés par une injection d'air (ou d'oxygène) au sein du bassin. Le bassin d'aération est suivi d'un décanteur (clarificateur) permettant de clarifier l'eau traitée (séparation entre l'eau et la biomasse). Une partie de la biomasse est recyclée pour maintenir l'activité biologique dans le bassin. L'autre partie est extraite (pour déconcentrer le bassin et y maintenir la concentration optimale de biomasse) et envoyée soit en valorisation soit en élimination (après éventuellement une étape de déshydratation). La clarification de l'eau traitée peut aussi être réalisée par filtration sur membrane (Micro ou ultrafiltration) en remplacement du décanteur. Il s'agit, dans ce cas, d'un bioréacteur à membrane qui permet de réduire la taille et l'emprise des ouvrages de traitement, de fiabiliser les performances et d'obtenir une meilleure qualité de l'eau traitée (avec notamment l'absence de matière en suspension). Le rendement d'élimination de la pollution carbonée peut dépasser 98%.

Par bioréacteur séquentiel (SBR) :

Ce procédé se base sur le même principe de traitement que celui de boues activées (faible charge massique). Il se caractérise par un traitement se déroulant sur 2 à 4 cycles. Chaque cycle se compose de 4 étapes principales :

- Remplissage du réacteur (chargé de biomasse),
- Aération pour oxyder la pollution carbonée,
- Phase de repos pour privilégier la décantation des boues (clarification de l'eau),
- Vidange de l'eau clarifiée.

La phase de traitement et de décantation se déroulant dans le même ouvrage, ce procédé permet de s'affranchir d'un clarificateur. Ce qui devrait en principe, réduire l'investissement malgré un surdimensionnement de l'ouvrage par rapport à une boue activée conventionnelle. Cette filière est bien adaptée pour des activités saisonnières ou cycliques.

TRAITEMENT BIOLOGIQUE ANAEROBIE :

Ce traitement se base sur les procédés de fermentation anaérobie (méthanisation). Il s'agit de mettre en contact l'effluent à traiter avec une biomasse développant son métabolisme dans des conditions anaérobies (absence d'oxygène). Dans ces conditions le substrat carboné est transformé essentiellement en biogaz composé d'environ 65/75 % de méthane. La production de boues est beaucoup plus faible que les procédés aérobies.

Cette filière peut être utilisée comme premier étage de traitement d'effluents concentrés (agroalimentaires, brasserie, papeterie, etc) avant finition sur boues activées.

DIMENSIONNEMENT

En fonction de la technologie mise en œuvre, le dimensionnement d'une filière de traitement biologique se base sur les paramètres suivants :

Charge massique :

Ce paramètre concerne particulièrement les systèmes de traitement par boues activées. Il est exprimé en kg de DBO5 (ou de DCO) / kg de MVS.j (MVS : représentant la biomasse), soit :

$$C_m = [\text{DCO ou la DBO}_5] \times Q / [\text{MVS}] \times V$$

Avec :

C_m : charge massique

[DCO ou la DBO5] : concentration en DCO ou DBO5 (kg/ m3) dans l'effluent brut

Q : volume d'effluent à traiter par jour (m3) [MVS] : concentration de biomasse (matière volatile solide) (kg)

V : volume de l'ouvrage de traitement

En fonction de la charge appliquée et compte tenu de la charge polluante à traiter et d'une concentration de biomasse définie, il est facile de déterminer le volume de l'ouvrage de traitement.

Différentes charges massiques peuvent être appliquées (faible, moyenne ou forte). Compte tenu des exigences réglementaires et des niveaux de rejets (plutôt bas) à respecter, la grande majorité des installations existantes fonctionnent à faible ou très faibles charges massiques (0,05 -0,15 kg DBO5/kg MVS.j).

Charge volumique :

Ce paramètre concerne particulièrement les systèmes de traitement par culture fixée et par méthanisation (où il est souvent difficile de déterminer la quantité de biomasse dans l'ouvrage de traitement). Il est exprimé en kg de DBO5 (ou de DCO) / m3 (d'ouvrage).j.

$$C_v = [\text{DCO ou la DBO}_5] \times Q / V$$

Avec :

C_v : charge volumique

[DCO ou la DBO5] : concentration en DCO ou DBO5 (kg / m3) dans l'effluent brut

Q : volume d'effluent à traiter par jour (m3)

V : volume de l'ouvrage de traitement (m3)

La charge volumique appliquée dépend du procédé mis en œuvre :

- Bioréacteur à membrane : 2 – 3 de DCO/ m³,
- Biofiltre : 4 -8 kg de DCO/ m³,
- Lit bactérien : 5 -8 kg de DCO / m³,
- Méthaniseur (Digesteur anaérobie) : 5 -15 kg DCO/ m³

Le bon fonctionnement de ces différents procédés est tributaire de l'optimisation d'autres paramètres déterminants (pH, potentiel Rédox, température, présence d'azote et de phosphore en quantité suffisante pour assurer le métabolisme, etc.).

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Le traitement biologique peut être appliqué dans le traitement d'effluents provenant de différents secteurs d'activité mettant en œuvre des produits organiques (carbonés). Les performances de ce traitement dépendent à la fois des caractéristiques physico-chimiques des effluents (leur degré de biodégradabilité), du choix du procédé et de l'optimisation de son fonctionnement.

Dans le cadre de l'étude, il est souvent préconisé en traitement prérequis pour différents secteurs d'activité pour éliminer les paramètres classiques (DCO, DBO5, azote, phosphore, Mest) mais ne permet pas d'obtenir des concentrations conformes aux objectifs sans traitement de finition.

Les procédés de traitement biologique sont utilisés dans le cadre des systèmes de traitement des gaz brûlés des usines d'incinération. En effet, l'un des problèmes avec l'évacuation des eaux usées traitées peut être la teneur restante en sulfates qui affecte les systèmes d'assainissement en béton. Pour résoudre ce problème, un système a été développé pour le traitement anaérobie biologique des eaux usées depuis l'incinération des déchets. Les sulfates dans les eaux usées peuvent être réduits en sulfures dans un réacteur, par l'activité de bactéries anaérobies. L'effluent de ce réacteur, qui a une forte teneur en sulfides, est traité dans un second réacteur. Dans ce second réacteur, les sulfures sont oxydés biologiquement dans une atmosphère aérobie en sulfure élémentaire. (WI, 2006)

Remarque : Dans le cadre des installations d'incinération d'eaux usées caustique la forte fraction organique ainsi que le sodium rendent difficile voire même impossible l'utilisation de traitement biologique de l'eau (WI, 2006).

Les procédés par voies biologiques sont fortement utilisés dans le cadre du traitement des lixiviats des centres de stockages : bioréacteurs à membrane, procédés par boues activées (avec SBR (sequency batch reactor), procédés par cultures fixées...

SUBSTANCES CONCERNÉES

Le traitement biologique est mis en œuvre pour le traitement de composé plutôt biodégradable. Pour assurer la biodégradation de certains effluents faiblement biodégradables, ils peuvent être soumis à une étape de prétraitement par oxydation (ozonation) avant de passer dans le bassin d'aération. La biodégradation de certains composés (lentement biodégradable) peut nécessiter l'augmentation du temps de séjour dans le bassin d'aération.

La difficulté avec les composés volatils est de faire la part de la pollution transférée à l'atmosphère de celle réellement dégradée. En effet des études sur les bassins d'aération ou sur des bassins de lissage aérés de stations industrielles (secteur de la chimie) montrent qu'une forte proportion des composés volatils est strippée à l'atmosphère.

Remarque :

L'application d'un procédé biologique pour l'élimination de certaines substances prioritaires est difficile du fait de leur vitesse de dégradation parfois lente, des faibles concentrations rencontrées pour certains micropolluants, de la variabilité de l'effluent, des propriétés inhibitrices ou toxiques de certaines molécules sur les microorganismes et enfin des processus de transfert par volatilisation et adsorption qui peuvent nuire à la biodisponibilité et qui sont rarement maîtrisés. (LESAGE, 2009)

Composés minéraux

Les traitements biologiques ont un effet sur les métaux. En effet ces composés s'adsorbent sur les particules pour être évacués dans les boues.(RMC, 2010)

Mercure (INERIS, 2008)

Techniques innovantes

Cette technique qui permet la décontamination par voie biologique est en développement. Deux types de procédés sont actuellement testés ; le premier transforme les ions mercure en mercure élémentaire par des bactéries puis l'effluent passe sur du charbon actif pour éliminer le mercure résiduel. Le second procédé est une succession d'étapes de traitement biologiques aérobie et anaérobies (US EPA, 2007).

Plomb

Le BREF verrerie identifie un certain nombre de techniques pour réduire la présence de plomb dans les effluents aqueux: traitement biologique (boues activées biofiltration, neutralisation, aération, précipitation, coagulation et floculation). (RMC, 2010)

Zinc

Le zinc est largement transféré dans les boues dans le cadre de traitements biologiques.

Note fiabilité : 3

Substances organiques

1,2-dichloroethane

Sur une filière classique par boue activée, on peut s'attendre à un abattement significatif, notamment par stripping dans le bassin d'aération. Note fiabilité : 3. (RMC, 2010)

Le 1,2-dichloroéthane est biodégradable avec un inoculum adapté (INERIS, 2011)

2,4,6-trichlorophenol

Traitement par dégradation abiotique

Le 2,4,6-trichlorophénol se dégrade sous l'effet des rayons ultraviolets avec une demi-vie de 17 heures; Aucune information disponible sur l'hydrolyse. (INERIS, 2005)

Traitement par biodégradation aérobie

Dans les eaux de surface, le 2,4,6-trichlorophénol est facilement biodégradable : en 7 jours, on observe 100% de disparition en présence de microorganismes issus de stations d'épuration. (INERIS, 2005)

Dans le sol, en 3 jours, 95% de la substance ont été dégradés (concentration initiale : 100 µg/g de sol humide) en présence de microorganismes issus d'un sol de type limono-argileux. (INERIS, 2005)

Traitement par biodégradation anaérobie

Plusieurs études ont montré que le 2,4,6-trichlorophénol ne se dégrade pas en milieu anaérobie (OMS, IPCS, 1989 ; Baker et Mayfield, 1980) cités par (INERIS, 2005).

Atrazine

Des études ont montré qu'un type de communauté bactérienne capable de minéraliser l'atrazine dans les eaux usées pourrait être utilisée dans le cadre d'un procédé de traitement des eaux, au sein d'une station d'épuration (Yanze-Kontchou et Gschwind, 1999) dans (Gendrault-Derveaux, 2007)

Traitements combinés à un traitement biologique

Certains auteurs proposent de pré-traiter l'eau à l'ozone avant de la faire percoler à travers un sol biologiquement actif (Somich et al., 1990) ou circuler dans un bioréacteur contenant des bactéries disposées en biofilm à la surface d'un support solide (Lesson et al., 1993 ; Hapeman et al., 1995).

Un pré-traitement à l'ozone permet de transformer l'atrazine par oxydation en des composés cycliques plus facilement biodégradables. Des études ont montrés qu'un prétraitement à l'ozone couplé à l'utilisation de *Klebsiella terrigena* parvenait à éliminer 80% environ de l'atrazine présente initialement dans l'eau à une concentration de 110 mg.L⁻¹, sous forme de CO₂ et NH₄⁺, en 1 jour. (Hapeman et al. 1995) dans (Gendraul-Derveaux, 2007)

La possibilité de décontaminer des eaux polluées à l'atrazine provenant de sites agricoles, à l'aide de macrophytes issus de marais (jonc, iris jaune et roseau) a été démontré (McKinlay et Kasperek 1999) dans (Gendraul-Derveaux, 2007).

BTEX

L'élimination des composés les plus volatils par entraînement gazeux durant l'aération prolongée du traitement biologique (les BTEX sont éliminés à plus de 95% de la phase liquide pendant les premières minutes du traitement (Gilbert et al., 2005) dans (LESAGE, 2009).

Benzène

Un traitement biologique classique montre des performances intéressantes notamment par stripping du benzène au niveau du bassin d'aération. Note fiabilité :3 (RMC, 2010)

Les mécanismes de biodégradation du benzène (dans les sols) sont décrits en détail dans l'étude RE.CO.R.D. n°05-0513/1A (Jourdain, et al., 2007)

Concernant les rejets directs dans les milieux aquatiques, le benzène est significativement dégradé dans les stations d'épuration industrielles des raffineries et des sites pétrochimiques concernés, mais il n'y a pas de traitement spécifique mis en place. Les performances exactes et les marges de progression des traitements actuels ne sont pas connues. (INERIS, 2009)

Certains microorganismes ont montré qu'ils étaient capables de dégrader le benzène : *Achromobacter sp.* ; *Pseudomonas sp.* ; *Pseudomonas aeruginosa* ; *Pseudomonas putida*. (Landis, et al., 1999)

Des auteurs ont montré que si aucune culture pure n'avait la capacité de dégrader les BTEX en tant que seule source de carbone, les microorganismes en co-cultures sont plus efficaces. Par exemple, l'association de deux souches de *Pseudomonas putida* était optimale, l'une dégradant préférentiellement le benzène, le toluène et l'éthylbenzène, alors que l'autre utilisait le p-xylène et le o-xylène ainsi que le toluène comme substrat pour sa croissance. Ces auteurs suggèrent donc que la dégradation des BTEX est améliorée par des cultures bactériennes mixtes. (Lesage, 2009)

La dégradation des cycles aromatiques se déroule en deux phases; (Lesage, 2009)

- dihydroxylation du cycle aromatique, différente selon que le travail est réalisé par une cellule eucaryote ou procaryote.
- clivage du cycle aromatique dihydroxylé par une oxygénase avant d'être assimilé sous forme de pyruvate et d'acétaldéhyde ou sous la forme de succinate.

Des auteurs ont effectué récemment une revue des technologies mises au point pour éliminer les composés monoaromatiques d'effluents liquides contaminés. Les résultats des études citées mettent en lumière que **les réacteurs à biomasse fixée** concentrent l'essentiel des efforts récents de recherche, ce qui est sans doute dû au fait que ce type de réacteurs permet de maintenir une concentration en biomasse spécifique plus élevée, avec une vitesse de biodégradation plus élevée et une meilleure résistance à la toxicité. **La principale question soulevée par ces études est la contribution de la volatilisation dans ces procédés aérobies qui est souvent négligée.**

HAP : Anthracène, fluoranthène, naphthalène

La structure moléculaire rend le traitement de cette molécule très délicat. Il a été constaté un abattement significatif des Hydrocarbures Polycycliques (HAP) dans les stations biologiques urbaines. Ces composés présentant une forte affinité pour les MeST ils sont majoritairement piégés dans les boues. On peut donc calquer le taux d'abattement des HAP sur celui des MeST.

Sur une station biologique on notera donc les trois voies d'élimination des HAP :

- l'élimination par décantation
- l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- l'élimination par dégradation bactérienne

On peut ainsi atteindre des rendements de l'ordre de 98 %.

Remarque : L'INERIS cite que l'une des MTD pour éliminer le naphthalène des rejets aqueux est l'élimination biologique à l'azote [JRC, 2002 ; in Royal Haskoning, 2003c]. (INERIS, 2006)

Les projets AMPERES et ARMISTIQ ont montré que le **naphthalène** et le **fluoranthène** étaient retrouvés dans plus de 70% des boues de STEP urbaines, et à des concentrations allant de 0,1 à 1 mg/kg de boues. L'**anthracène** est retrouvé aux mêmes niveaux de concentrations, mais dans moins de 30% des boues.

Des études sur la biodégradation de certains HAP dans des eaux usées urbaines (2007) ont montré des pourcentages d'abattement de 95 à 97% pour l'anthracène, le fluoranthène et le naphthalène, avec des facteurs de concentration dans les boues primaires de 140 pour l'anthracène, 110 pour le fluoranthène et de 25 pour le naphthalène. Le naphthalène est mal retenu au niveau des boues, les pertes par volatilisation de ce composé pouvant atteindre 90%. (Lesage, 2009)

Hexachlorobenzène (INERIS, 2005)

Le document Meilleures Techniques Disponibles dans l'industrie du chlorure de vinyle (OSPAR, 1998) indique que les teneurs maximales de l'hexachlorobenzène contenue dans les eaux usées d'origine industrielle ou domestique n'excèdent pas 1 µg/l si les eaux sont traitées par voie biologique.

Hexachlorocyclohexane (INERIS, 2007).

Les isomères du HCH sont considérés comme peu solubles dans l'eau. Ils peuvent disparaître par adsorption sur les sédiments, biodégradation (anaérobie et rarement aérobie) ou absorption par la faune (site internet Extonet).

La bioremediation in-situ constitue une technique de traitement pour l'hexachlorocyclohexane (Fabre et al. 2005).

Nonylphénols

(INERIS, 2005)

L'élimination des nonylphénols des eaux usées se traduit vraisemblablement par son transfert dans les boues (confirmé par Environnement Canada, 2001), pour lesquelles on dispose de peu d'informations : une étude (citée par Danish EPA, 2002) indique la digestion aérobie des boues comme un moyen d'abattre leur teneur en nonylphénols.

Les procédés conventionnels de traitement des eaux usées ne permettent qu'une dégradation partielle des nonylphénols éthoxylés.

(Belanger, juin 2010)

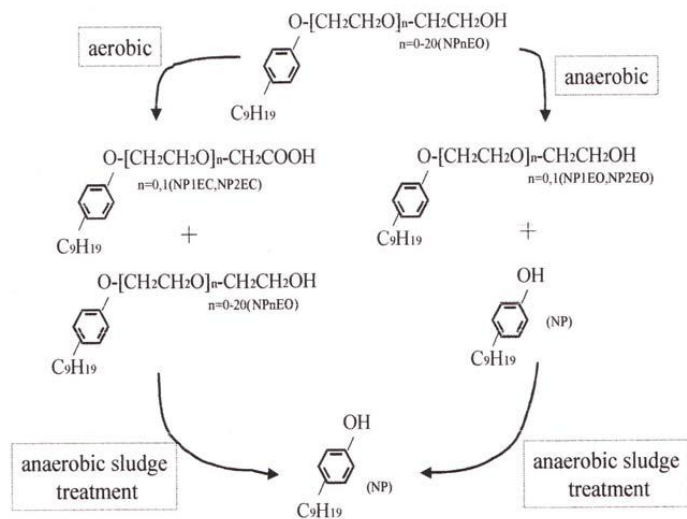
L'élimination par adsorption sur les boues (Environnement Canada, 2001) est un mécanisme d'enlèvement favorisé par le séjour dans les stations d'épuration. La dégradation partielle s'effectue par la dissociation de chacun des groupements éthoxyles. Cette dissociation génère des intermédiaires dont la chaîne éthoxylée est plus courte.

Les quantités de nonylphénols éthoxylés qui transitent par une station d'épuration et qui atteignent les eaux naturelles sont évaluées à 40% des concentrations initiales. L'aboutissement du processus de dégradation des nonylphénols éthoxylés produit le nonylphénol.

Une séquence aérobie du procédé de traitement des eaux usées forme des nonylphénols carboxyliques alors qu'une séquence anaérobie donne des congénères éthoxylés - voir schéma ci-dessous :

Dégradation des nonylphénols éthoxylés dans les eaux usées d'une station d'épuration.

Tiré de Komori, 2005



Le nonylphénol, bien que plus difficilement dégradé, peut ensuite être réduit en H₂O, CO₂ et en sels inorganiques.

Le potentiel oestrogénique relié au nonylphénol éthoxylé implique principalement le nonylphénol et ses précurseurs avec des chaînes courtes tels que le nonylphénol monoéthoxylate (NP1EO) et le nonylphénol diéthoxylate (NP2EO).

Pentachlorophénol

Le traitement biologique est le principal traitement de finition pour le pentachlorophénol. (HSDB, 2011)

Dans les traitements biologiques, on estime la réduction de la concentration en pentachlorophénol est essentiellement due à l'adsorption du composé sur la biomasse plutôt qu'à sa dégradation effective. (HSDB, 2011)

Simazine (INERIS, 2007)

Selon INERIS (2006) le traitement biologique suivi d'une adsorption sur charbon actif ou hydrolyse fait partie des traitements envisageables sur les eaux résiduaires.

Toluène

Dans le milieu aquatique, le toluène se dégrade aussi bien dans des conditions anaérobies que dans des conditions aérobie (Environnement Canada et Santé Canada, 1992).

Tributylphosphate

Une étude citée sur le site d'Oseo parle d'un traitement du tributylphosphate par une technique biologique (algues photosynthétiques).

Trichloroéthylène

Traitement par dégradation abiotique

Dégradation abiotique : le trichloroéthylène est hydrolysable - temps de demi-vie : supérieur à 10,7 mois (INERIS, 2011)

Traitement par biodégradation aérobie

Les essais normalisés de biodégradabilité en aérobie ont donné des résultats négatifs (INERIS, 2011) :

19 % après 28 jours (méthode OCDE 301D)

2,4 % après 14 jours (méthode OCDE 301C)

D'autres essais non normalisés confirment que la substance est peu biodégradable en aérobie. (INERIS, 2011)

Très faible biodégradabilité ; en milieu aérobie, le trichloroéthylène est biodégradé uniquement en présence d'autres composés permettant la vie microbienne (co-métabolisme) (PubChem, 2011)

Une étude en microcosmes montre que le trichloroéthylène n'est pas biodégradé en 90 jours. (PubChem, 2011)

Traitement par biodégradation anaérobie

Le trichloroéthylène est biodégradable en milieu anaérobie. Le produit de dégradation est le cis-1,2-dichloroéthylène (métabolite principal). L'éthène est le principal métabolite dans des conditions méthanogènes. Selon les études (et les conditions), les temps de demi-vie vont de 57 jours à 3,3 ans (PubChem, 2011)

On notera que le monochlorure de vinyle est un intermédiaire stable de biodégradation anaérobie du trichloroéthylène. Ce métabolite est cancérigène (carc. 1) et soluble dans l'eau (1,1 g/l à 25°C).

Xylène

Le m-xylène et le p-xylène sont facilement biodégradables : En 13 jours, ces deux isomères ont été dégradés par des microorganismes provenant de boues de station d'épuration (Tabak et al., 1989). En revanche, l'o-xylène s'est avéré être moins biodégradable.

Substances complémentaires

PFO's (INERIS, 2010)

Du fait de la présence de la chaîne perfluorée présentant une forte résistance, le PFOS n'est pas sensible aux biodégradations aérobie et anaérobie.

Diclofénac (DELGADO-ZAMBRANO, et al., 2009)Traitement par bioréacteur à membrane

Deux études ont montré un pourcentage moyen d'élimination du dichlofénac par un bioréacteur à membrane de 58% (9 échantillons, boues âgées de plus de 230 jours) et de 87,4% (10 échantillons, boues âgées de plus de 230 jours).

Traitement par boues activées

Deux études ont montré un pourcentage moyen d'élimination du dichlofénac par des boues activées de 24% (9 échantillons, boues activées âgées de 12 à 14 jours) et de 50,1% (8 échantillons, boues activées âgées de 3 jours).

Dichlorvos

Des études ont montré que le Dichlorvos était biodégradable (IARC, 1991) et qu'il subissait une dégradation facile par hydrolyse dans l'eau et les sédiments (IARC, 1991) (PPDB, 2011).

Ibuprofène

Dans une station d'épuration au Brésil, le taux d'abattement en ibuprofène est de 22 à 75% pour un effluent dont la concentration initiale est de 0,3 µg/l. (TOXNET)

Dans une station d'épuration domestique allemande des concentrations initiales en ibuprofène de 250 g/j sont abattues de 90% en sortie de STEP (article paru dans Water Research en 1998) (TOXNET)

Zêta-cyperméthrine

Les données recueillies sur la base de données des substances actives AGRITOX montre que le zêta-cyperméthrine n'est pas facilement biodégradable (AGRITOX, 2009).

La formule de cet insecticide pyréthrianoïde se signale par un carbone asymétrique et un cyclopropane porteur de deux groupes différents sur des carbones voisins. On décompte donc quatre stéréoisomères, le carbone, de configuration R ou S pouvant être associé au cycle cis- ou trans-substitué. La dégradation métabolique est sous la dépendance d'estérases. In vitro, l'hydrolyse, par les enzymes de microsomes de foie de souris, du mélange de stéréoisomères trans, est 9 fois plus rapide que celle du mélange de stéréoisomères cis. Le stéréoisomère (1R,3S) de la perméthrine est oxydé, lui, 250 fois plus vite que son énantiomère. L'efficacité de la biodégradation dépendra donc du profil des énantiomères. (Fournier, 2010)

Ethinylestradiol-17alpha (Champlain, 2011)

D'après certaines études, le traitement avec boues activées retire les oestrogènes avec un plus haut niveau d'efficacité que le lit bactérien (Ternes et al., 1999a; Servos et al., 2005; Auriol et al., 2006). Les résultats obtenus par Zhang and Zhou (2008) montrent une efficacité d'élimination de 100 % pour l'éthinylestradiol-17α grâce à l'utilisation de ce type de procédé.

Le procédé avec boues activées est couramment utilisé pour traiter les eaux usées dans les grandes villes, mais il n'entraîne pas une élimination complète des oestrogènes. Les données recueillies lors d'études suggèrent que ce procédé permet d'atteindre des rendements compris entre 29 % et 43 % pour la suppression d'éthinylestradiol-17α (voir le tableau ci-dessous).

Un taux d'élimination de 90 % pour l'éthinylestradiol-17α après un traitement des eaux usées à travers des procédés de dénitrification, de nitrification (avec boues activées) et d'une décantation secondaire a été observé.

Molécules	Concentrations moyennes (ng/l)		Efficacités d'élimination (%)	Procédés de traitement	Origines des eaux usées	Références
	Affluents	Effluents				
EE2	8,2	< 1 ^a	90	D. dénit + BAnit	Municipale	Andersen <i>et al.</i> , 2003
	5,4	3,1	43	PT. D. BAnit + dénit	Municipale	Cargouët <i>et al.</i> , 2004
	7,1	4,4	38	PT. D. BAnit + dénit	Domestique	Cargouët <i>et al.</i> , 2004
	4,9	2,7	45	PT. D. Bc. Bnit. Bdénit	Municipale	Cargouët <i>et al.</i> , 2004
	6,8	4,5	34	PT. D. BA	Domestique	Cargouët <i>et al.</i> , 2004
	55,9	32,7	41,5	D. BAD. Danb	Synthétique	Esperanza <i>et al.</i> , 2007
	39,4	28,1	29	D. BAD. Dab	Synthétique	Esperanza <i>et al.</i> , 2007
	< 0,8-10 ^b	-	77 et 100	D. FB	Municipale	Zhang and Zhou, 2008

a Concentration totale incluant la fraction adsorbée sur les solides en suspension

b Concentration minimale et maximale

PT: prétraitement (dégrillage, dessablage, dégraissage), D: décantation primaire, FB : filtration biologique suivi d'une décantation, BA : procédé à boues activées, BAD : procédé à boues activées suivi d'une décantation, BAnit + dénit : procédé à boues activées avec une nitrification et une dénitrification, suivi d'une décantation, dénit + BAnit : deux dénitrifications suivies d'un procédé à boues activées avec une nitrification et une décantation, Bc : biofiltration à écoulement ascendant pour traiter la pollution carbonée, Bnit : biofiltration à écoulement ascendant pour traiter la pollution azotée par le processus de nitrification, Bdénit : biofiltration à écoulement ascendant pour traiter la pollution azotée par le processus de dénitrification, Dab : digestion aérobie des boues, Danb : digestion anaérobie des boues, nd : composé non détecté.

Élimination d'hormones stéroïdes sexuelles (EE2 : 17α-éthinyloestradiol) à travers divers procédés de traitement des eaux usées.

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

Compte tenu des secteurs d'activité concernés et des objectifs, seul le traitement par boues activées est pris en compte dans l'estimation de l'investissement. L'estimation de l'investissement est tributaire de plusieurs paramètres :

- Les charges polluante à traiter : plus la charge est importante plus le coût du traitement au kg de DCO sera réduit,
- De la complexité de la filière de traitement d'eau (traitement de l'azote, du phosphore, de la DCO dure, etc...)
- De la filière de traitement des boues (épaississement, digestion, déshydratation plus ou moins poussée, etc...).

Gamme de charge en kg de DCO/j	Investissement (€ / kg de DCO)
< 100	6 000 – 8 000
100-500	4 000 – 6 000
500 – 1 000	2 000 – 4 000
1 000 – 5 000	1 500 – 2 000
> 5 000	600 – 1 500

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1ère approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGES :

- Traitement classique de base (pré-requis) pour la pollution biodégradable ou moyennement biodégradable ;
- Très bonnes performances sur la pollution dissoute et particulaire (sans pouvoir garantir toutefois les niveaux requis pour les substances concernées) ;
- Rétention des polluants optimisée lorsque la technique de séparation des boues est membranaire ;

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- Seul, n'est pas adapté à l'obtention des niveaux de pollution visés pour les substances dangereuses concernées (étage de finition nécessaire, ou étage de prédégradation en amont) ;
- Boues produites en grand volume qui doivent être ensuite éliminées
- Risques de transferts de pollution vers l'atmosphère en cas de présence de substances volatiles (COV) ou vers les boues (métaux ou substances ayant une affinité pour les boues biologiques), pouvant empêcher leur valorisation agricole.

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Les flux d'eaux usées secondaires qui ne se prêtent pas à un traitement biologique sont ceux qui contiennent :

- une DCO peu ou pas biodégradable ;
- des substances toxiques qui inhibent le procédé biologique ;

Il faut donc empêcher qu'ils soient rejetés dans une unité de traitement biologique. Il n'est pas possible de prévoir les polluants qui inhibent les procédés biologiques dans une station d'épuration parce que cela dépend de l'adaptation des micro-organismes opérant dans chaque unité à certains types de polluants (CWW, Février 2003).

Complément sur le traitement des HAP par traitement biologique.

Des recherches sur le traitement des HAP contenu dans les sols contaminés par des traitements chimiques et biologiques montrent que ce type de traitement semble convenir en priorité au cas où la pollution est constituée en majorité de HAP légers (2 ou 3 cycles). Dans le cas inverse où les HAP lourds sont présents de manière significative, l'efficacité des traitements biologiques n'est pas évidente (RUSSO, Septembre 2009).

Anjou Recherche et GRS Valtech ont expérimenté (sur des sols) le procédé américain MGP Biorem (Manufactured Gas Plant Bioremediation) qui consiste à combiner des étapes de traitement biologique avec une phase de dégradation par un oxydant chimique puissant. Les résultats de cette méthode forte indiquent à nouveau certaines limites de la voie biologique pour le traitement des HAP lourds et repositionnent la question des garanties de traitement par voie biologique.

Selon le retour d'expérience d'ARCADIS : soit l'ajout d'une dose de charbon actif en poudre (PAC) est réalisé pour adsorber sélectivement les HAP lourds, soit la concentration de HAP lourds dans l'eau brute n'est pas élevée et l'adsorption sur les boues activées suffit comme technique de traitement. Dans ce dernier cas, il faut en général un filtre à sable pour arriver à des concentrations très basses.

Précisions sur le bioréacteur à membrane

Dans les techniques combinées biologie-membrane, l'ouvrage limitant du processus, le clarificateur, est remplacé par des membranes filtrantes de microfiltration ou d'ultrafiltration qui permettent de s'affranchir de la décantation des boues, paramètre déterminant en boues activées classiques. Il en résulte la possibilité de fonctionner avec des âges de boues élevés (généralement de 40 à 50 jours) et de concentrer les boues dans le bassin de boues activées entre 15 et 25 gMEST/L. (g1330, 1999).

Les principaux résultats concernant le projet AMPERES sont relatifs au traitement de la filière « boues activées en aération prolongée » qui est la plus répandue en France (89 substances analysées). Les rendements présentés ci-dessous sont les rendements R2 pour 6 stations dont les concentrations moyennes en entrée et sortie ont pu être quantifiées.

Parmi les 89 substances analysées, les rendements R2 non calculables concernent 34 substances, dont la moitié n'a jamais été quantifiée dans les eaux usées brutes. L'autre moitié concerne des

substances dont les concentrations en entrée de STEP sont inférieures au seuil de 10·LQ. (Choubert, et al., 2011)

Substance	Rendement boues activées aération prolongée	
	Rendement R ₂ moyen	Nombre de points de mesure
Composés minéraux		
Arsenic	28%	6
Cadmium	65%	6
Cuivre	83%	6
Chrome	85%	6
Nickel	57%	6
Mercurure	91%	6
Plomb	73%	6
Zinc	57%	6
Substances organiques		
Atrazine	2%	4
Diuron	18%	6
Simazine	0%	4
Fluoranthène	80	4
Isoproturon	0%	3
Trichloroéthylène	86%	3
Tétrachloroéthylène	93%	4
Tributylphosphate	72%	3
Pentabromodiphényléther	98%	1
Décabromodiphényléther	68%	1
Tétrabromodiphényléther	100%	2
Tribromodiphényléther	100%	1

Tableau : Rendement du traitement secondaire par boues actives en aération prolongée dans le cadre du projet AMPERES. (Choubert, et al., 2011)

Le zoom effectué sur les substances pharmaceutique a permis de mettre en évidence les rendements suivants :

Substance	Rendement boues activées aération prolongée		
	Rendement R ₂ moyen	Nombre de points de mesures	Ecart type
17β-estradiol	93 %	6	6
Ibuprofène	98%	6	2
Diclofénac	9%	5	30

La biodégradation est le mécanisme principal pour la réduction des médicaments en phase dissoute.(AMPERES)

Les résultats disponibles relativement au projet AMPERES permettent également de présenter les rendements R2 pour les traitements secondaires des zones urbaines et rurales utilisant au moins un procédé biologique dans leur chaîne de traitement :

Substances	Traitement secondaires (zones urbaines)						Traitement secondaires (zones rurales)					
	Traitement de la DCO seule		traitement de la DCO et de l'azote									
	DP +BA moyenne charge	DP physico-chimique + bio filtre 1er étage	DP +BA moyenne charge + bio filtre 1er étage	DP + MBBR	Bioréacteur à membrane	DP + physico-chimique + bio filtre 2ème étage	DP + BA aération prolongée	Filtere planté écoulement verticale	Bio disque + filtre écoulement vertical	DP + Lagune	Lit bactérien + filtre écoulement vertical	DP + lagune + filtre écoulement vertical
Composés minéraux												
Arsenic												
Cadmium												
Cuivre												
Chrome												
Nickel												
Mercurure												
Plomb												
Zinc												
Substances organiques												
Atrazine												
Dichlorométhane												
Chloroforme												
Diuron												
Fluoranthène												
Hexachlorocyclohexane												
Isoproturon												
Naphtalène												
Octylphénols												
Simazine												
Tétrachloroéthylène												
Tributylphosphate												
Trichloroéthylène												
Décabromodiphényléther												
Hexabromodiphényléther												
Pentabromodiphényléther												
Tétrabromodiphényléther												
Dibutylétain												
Monobutylétain												
Tributylétain												

Tableau : Gamme de traitement pour les procédés de traitement secondaire contenant au moins un traitement biologique (Choubert, et al., 2011)

DP : décantation primaire, BA : boues activées, MBBR : procédés à culture fixée sur support mobile

	Rendement R2 inférieur à 30%
	Rendement R2 compris entre 30% et 70%
	Rendement R2 supérieur à 70%
	Valeur non calculée

EPA – CEC (bioréacteur à membrane)

Les données disponibles depuis la base de données sur les CEC (Contaminants of Emerging Concern) compilée par l'EPA sont présentées ci-dessous (EPA, 2010).

Remarque : les taux d'enlèvement en parti présentés dans le rapport (EPA, 2010) sont issues de sources bibliographiques cataloguées par l'EPA sur des installations à échelle industrielle et sur des procédés à échelle pilote et laboratoire. Les données disponibles concernent des effluents provenant des matrices suivantes :

- Eau propre (distillée)
- Eau potable (source non spécifiée)
- Eau souterraine
- Eau usée industrielle
- Eau usée urbaine
- Eau d'origine agricole (fumier)
- Eau de surface
- Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire).

Les performances du traitement par bioréacteur à membrane sur les substances dangereuses dépendent du type de requête formulé à la base de données :

Champs sélectionnés pour établir la requête

Type de rapport Taux d'enlèvement pour l'unité de traitement choisie

Type de matrices Toutes

Selected Treatment Technology Bioréacteur à membrane

Système Industriel, laboratoire, pilote

Inclure les données récentes oui

Les résultats disponibles sont les suivants

Matrice	Substance	Taux d'enlèvement (moyenne en %)	Systèmes comptabilisés
Eau usée urbaine	17β-estradiol-glucuronides	63	2
	Diclofenac	73	3
	Estradiol	66	2
	Estradiol-3-sulfate	93	2
	Ethinyl Estradiol	88	2
	Ibuprofen	97	7
Effluent traité (traitement secondaire ou tertiaire)	17β-estradiol-glucuronides	76	3
	Diclofenac	35	2
	Estradiol-3-sulfate	92	3
	Ibuprofen	98	2

Tableau: Taux d'enlèvement moyen pour les substances dangereuses selon les conditions sélectionnées. (EPA, 2010)

Remarque ARCADIS: Les données disponibles depuis la base de données avaient porté dans un premier temps à une confusion possible en termes de compréhension. En effet rien n'indiquait précisément que les taux de performance étaient calculés sur le traitement considéré (exemple charbon actif, osmose inverse) ou s'ils étaient calculés sur la chaîne de traitement complète englobant le traitement considéré.

Une confirmation du support technique (Brian D'Amico Chemical Engineer, Office of Water United States Environmental Protection Agency) précise que le taux de performance renseigné pour ce type de requête concerne le taux de performance du traitement considéré.

Stratégie Micropoll

Les résultats concernant le projet « Stratégie Micropoll » et relatifs aux traitements biologiques sont présentés dans les figures ci-dessous. Les techniques de traitements biologiques sont des boues activées forte charges (BA) et le lit fluidisé avec nitrification partielle à totale (LF) (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011).

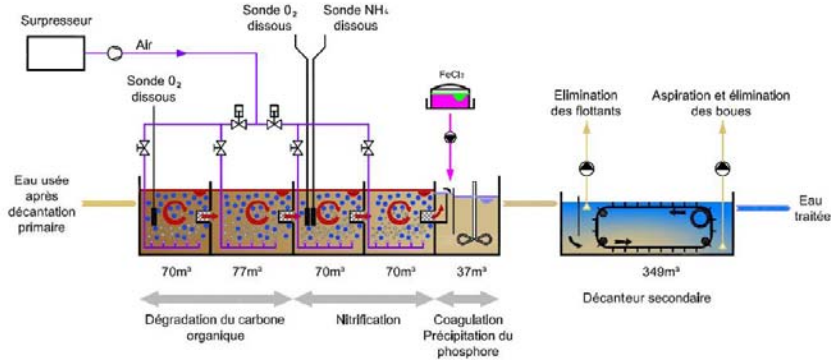
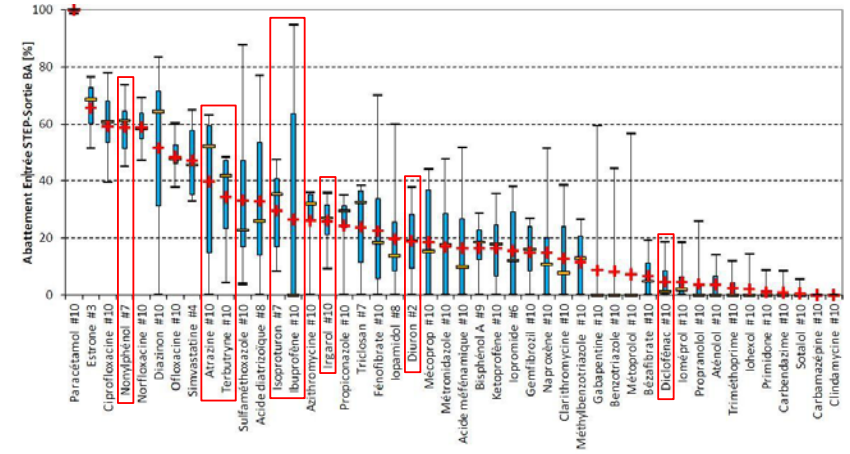


Schéma général du traitement biologique par bioréacteurs à lit fluidisé. Une ligne de traitement est composée de bioréacteurs aérés remplis de supports plastiques (pastilles bleues sur le schéma) pour la croissance du biofilm. Le volume total du lit fluidisé (partie aérée) est de 287 m³ par ligne, pour une hauteur des bassins de 2.7 m.

Source : (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011). (GC : Grande campagne)

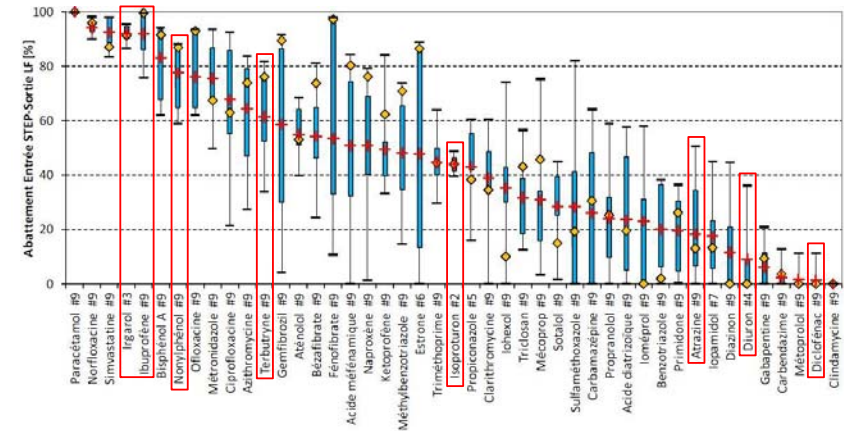
BA forte charges



Abattement de 46 micropolluants détectés entre l'entrée de la STEP et la sortie des BA forte charge lors de la GC de juillet 2009 et d'une pré-campagne en mars 2009 (10 analyses). Le numéro (#) indique le nombre d'analyses pour la substance. Représentation avec les quartiles 25-75% (rectangle bleu), les valeurs minimum/maximum, la médiane (-) et la moyenne (+). (L'abattement moyen des 46 micropolluants sur les 10 analyses est de 23%).

Source : (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011). (GC : Grande campagne)

Lit fluidisé



Abattement de 45 micropolluants détectés entre l'entrée de la STEP et la sortie du lit fluidisé (nitrification partielle à totale) lors de 3 GC (9 analyses). Le numéro (#) indique le nombre d'analyses pour la substance. Représentation avec les quartiles 25-75% (rectangle bleu), les valeurs minimum/maximum et la moyenne (+). Le losange orange (○) représente la moyenne de la GC d'octobre 2009 (bonne biologie avec une nitrification totale). (L'abattement moyen des 45 micropolluants sur les 3 GC est de 44%).

Source : (Service d'assainissement de La ville de Lausanne, 2011). (GC : Grande campagne)

Les résultats disponibles concernant les substances à effet hormonales sont présentés ci-dessous :

Substances	Concentration moyenne en [ng/l] (GC de mai 2010)		
	LQ [ng/l]	Entrée STEP	Sortie LF
17β-estradiole	0.5	13.5	1.3
17α-éthynylestradiole	1.9	2.3	<1.9

REFERENCES

AGRITOX AGRITOX [En ligne] // Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques. - mars 2009. - consulté en juil. 2011. - <http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/sa.php?sa=230#debut>.

AMPERES [Article]. - <https://projetampere.cemagref.fr/Documentation%20projet%20AMPERES>. .

Belanger P. Analyse écotoxicologique de l'effluent traité des eaux usées de la ville de Montréal [En ligne] = Rapport effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.) // Université Sherbrooke - Essais et mémoires / éd. Collie sous la direction de R. Van. - juin 2010. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Belanger_P_12-07-2010_.pdf. - 85 pages.

Champlain Mylène de Effets des hormones stéroïdes sexuelles non traitées dans les effluents municipaux [En ligne] // Université Sherbrooke - Essais et mémoires. - Mai 2011. - 2012. - http://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/de_Champlain_M_01-06-2011_.pdf.

Choubert Jean-Marc et Martin Samuel Elimination de substances prioritaires et émergentes par les stations d'épuration domestiques [En ligne] // Colloque Cemagref - Grand Lyon. - Novembre 2011. - 2011. - http://colloquefeysine.cemagref.fr/presentations/Presentation_12_Colloquefeysine_Martin.pdf/at_download/file.

Choubert J-M [et al.] Evaluer les rendements des stations d'épuration -Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en fili ères convent ionnelles et avancées [Article] // Techniques Sciences et Méthodes. - janvier/février 2011. - pp. 44-62.

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - Février 2003.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - Database [En ligne]. - Aout 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecremoval.mdb>.

EPA Treating Contaminants of Emerging Concern - A Literature Review Database [En ligne]. - Août 2010. - 2011. - <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/ppcp/upload/cecliterature.pdf>.

Fournier J. Stéréochimie des pesticides [Revue] // Techniques de l'Ingénieur / éd. l'Ingénieur Techniques de. - 10 janvier 2010. - Chimie organique et minérale/ référence 42108210 : Vol. Physique Chimie - Référence TI053. - <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/sciences-fondamentales-th8/chimie-organique-et-minerale-42108210/stereochimie-des-pesticides-af6817/modes-d-action-de-la-biostereoselectivite-af6817niv10004.html#4.9>. - AF6817.

g1330 TI - Finitions à haute performance [Rapport]. - 1999.

Gendraut-Derveaux Sophie Etude d'un traitement combiné bio-physico-chimique pour la décontamination des eaux polluées en atrazine [Thèse]. - 2007. - p. 236.

IARC IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans [Section] = Dichlorvos. - 1991. - Vol. vol. 53. - <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol53/mono53-11.pdf>.

INERIS 1,2-dichloroéthane [En ligne] // Portail des substances chimiques. - INERIS, 2011. - consulté en septembre 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/search/result>.

INERIS 2,4,6-trichlorophénol [En ligne] // Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. - INERIS, 07 06 2005. - consulté en septembre 2011.

INERIS HEXACHLOROBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Hexachlorocyclohexane [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Mercure et principaux composés [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2008. - 2011. - <http://rsde.ineris.fr/>.

INERIS NAPHTHALENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS NONYLPHENOLS ET ETHOXYLATES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Simazine [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2007. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Trichloroéthylène [En ligne] // Portail Substances Chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/glossaire/view/letter/T>.

LESAGE Geoffroy Etude de l'élimination de substances aromatiques dangereuses dans un procédé couplant adsorption et biodégradation [Thèse]. - Décembre 2009.

PPDB Dichlorvos [En ligne] // Pesticides Properties Data Base. - Agriculture and Environment Research Unit (AERU) at the University of Hertfordshire (U.K.), 2011. - consulté en mars 2011. - <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/index.htm> - 2011.

PubChem Trichloroéthylène [En ligne] // PubChem compound. - NCBI, 2011. - http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=6575&loc=ec_rcs#x27.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

RUSSO L. Combined chemical and biological treatment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons contaminated Soil [Rapport]. - Septembre 2009.

Service d'assainissement de La ville de Lausanne Traitement des micropolluants dans les eaux usées - Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne) [En ligne] // Office fédéral de l'environnement OFEV / éd. Lausanne Ville de. - Janvier 2011.- 2012. - http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=fr&download=NHZLpZig7t,lnp6i0NTU042i2Z6ln1ae2iZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGode tmqan19Xi2ldvoaCVZ,s,-pdf. - UW-0917-F.

TOXNET Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases [En ligne] // TOXNET - Toxicology Data Network. - consulté en juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/>.

WI BREF - Incinération des déchets [Rapport]. - 2006.

TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE INSOLUBILISATION - PRECIPITATION

Les données sur le traitement physico-chimiques des rejets des industries du secteur du déchet ne concernent pratiquement pas les substances dangereuses à l'exception des métaux.

Les informations relatives au traitement physico-chimiques d'effluents liquides contenant des substances dangereuses sont celles issues du BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie celles issues du traitement des eaux en stations d'épuration.

Les traitements physico-chimiques par insolubilisation ou précipitation regroupent les traitements de coagulation, floculation, décantation et aérofloculation.

La coagulation/floculation/séparation est un procédé couramment employé en épuration primaire des eaux usées industrielles (et dans quelques cas en traitement tertiaire). Ce procédé permet de se débarrasser des MES et des particules colloïdales qui ne peuvent décanter par elles-mêmes, afin de diminuer, par exemple, les teneurs en DCO, DBO₅ et COT, ou encore la turbidité de l'eau. Il implique le plus souvent la dispersion instantanée d'un ou plusieurs produits chimiques qui déstabilisent les particules colloïdales et mène à la formation de micro-flocs (coagulant). Le pontage de ces micro-flocs, grâce à l'ajout d'un adjuvant de floculation en fait des flocons plus denses et volumineux, et surtout plus facilement séparables. Une simple décantation ou une étape de flottation permet ensuite l'élimination des flocons formés.

Le processus de coagulation-floculation est complexe puisqu'il s'accompagne également d'autres phénomènes tels que la précipitation chimique, la complexation, l'adsorption à la surface des flocons, l'entrappage ainsi que le balayage. (Crini, et al., 2007)

Sous-secteurs concernés	Substances concernées	Typologie du traitement	Interférences
Tous les sous-secteurs sont concernés	Ethylbenzène HAP Hexachlorobenzène Nonylphénols Toluène Arsenic Cadmium Chrome Cuivre Nickel Mercure Plomb Zinc Pfos Pesticides Trichloroéthylène Tétrachloroéthylène Tributylétain cation PCB	Décantation, aerofloculation : procédés physiques. Coagulation, floculation : procédés chimiques. Traitement d'attaque	Performances influencées par : <ul style="list-style-type: none"> • l'ordre d'ajouts des produits chimiques, • la dose du coagulant, • la concentration des particules colloïdales, • la couleur, • la présence de sels dissous ou d'éléments trace (ions, substances chimiques) présents dans la solution, • leurs propriétés physico-chimiques (polarité, hydrophobicité), • le potentiel zêta (demande électrostatique), • la température, • l'alcalinité • le pH (pour l'élimination des colloïdes) • les équipements en place, • le temps, • la vitesse de rotation et le gradient de vitesse (pour la probabilité de chocs entre les particules). • La vitesse de décantation, • Les temps de séjour dans les ouvrages

DESCRIPTIF

Le but d'un traitement physico-chimique est de permettre la séparation des phases :

- Solide/liquide : élimination de matières en suspension,
- Liquide/liquide : élimination d'hydrocarbures et d'huiles/grasses.

Ce processus se fera de manière naturelle par simple séparation gravitaire dans des ouvrages de prétraitement rudimentaires ou bien, en mettant en œuvre des traitements de floculation/décantation ou de floculation/flottation où des produits de traitements et des installations spécifiques seront nécessaires pour obtenir des particules (flocs) susceptibles d'être séparées de l'eau.

Une étape supplémentaire est parfois nécessaire pour insolubiliser les métaux dissous (insolubilisant) ou se placer dans des conditions de pH requises pour le bon déroulement des traitements physico-chimiques.

Le contrôle du pH est souvent un point critique du fonctionnement d'une station d'épuration physico-chimique et doit être vérifié en priorité en cas de dysfonctionnement. Le traitement se compose de trois étapes principales :

La Coagulation :

Les suspensions colloïdales sont pratiquement impossibles à décanter sous l'effet naturel de la gravité. La stabilité de ces suspensions est liée à des charges électriques de mêmes signes et qui rend leur décantation impossible sans adjuvant. L'ajout de réactifs chimiques (sels métalliques ou composés organiques) permet de neutraliser les charges électriques et favoriser ainsi l'agglomération des colloïdes. L'utilisation de ces réactifs permet soit de précipiter certains composés soit de former un hydroxyde susceptible de fixer par adsorption les colloïdes présents dans le milieu et faciliter ainsi leur séparation. Dans le cas de présence de métaux, l'injection de chaux permet d'augmenter le pH du milieu et de les précipiter sous forme d'hydroxydes. Le pH doit être adapté en fonction des métaux à traiter (w8000, 2007). Dans le cas d'effluents chargés d'huiles, on procède à une acidification du milieu pour casser les émulsions huileuses et faciliter leur agglomération à la surface du réacteur avant leur séparation.

Pour pousser le traitement, et faire baisser les teneurs rejetées, des produits insolubilisant (précipitant de métaux lourds) peuvent être ajoutés. (Retour d'expérience ARCADIS).

La coagulation/floculation peut permettre également l'élimination des particules

L'électrocoagulation constitue un procédé dérivé dont le principe est l'utilisation du courant électrique pour générer in-situ les agents coagulants (fer, aluminium) et des microbulles (oxygène, hydrogène) participant à la flottation des boues formées. Les installations sont plus compactes que pour le procédé classique et peuvent avoir des performances supérieures.

La Floculation :

La coagulation se caractérise par la formation de flocons fins plus ou moins dispersés dans le milieu réactionnel (résultant de la précipitation de certains composés ou de l'adsorption des colloïdes sur les hydroxydes formés). L'ajout d'un floculant organique (polymère de synthèse) permet l'agglomération des flocons, augmentant ainsi leur taille et leur vitesse de séparation (décantation ou flottation).

La séparation de la phase aqueuse de la phase solide :

La séparation des divers flocons formés permet d'obtenir une eau traitée débarrassée de la majeure partie des métaux et colloïdes présents au départ. Cette séparation est réalisée :

soit par décantation : dont le principe repose dans la séparation, sous l'action de la force de gravité, des matières en suspension de l'eau et dont la densité est supérieure à 1. Elle est

réalisée dans des décanteurs continus essentiellement des bassins circulaires ou rectangulaires munis d'un dispositif mécanique de raclage pour collecter les boues. Dans le principe de fonctionnement de ces ouvrages, la théorie montre que la hauteur du bassin n'a aucune influence sur la séparation des particules, celle-ci ne dépendant que du débit et de l'aire de décantation (une hauteur minimale étant toutefois nécessaire pour assurer un volume tampon minimal pour les boues en transit), c'est-à-dire de la vitesse de décantation.

soit par flottation : c'est en quelque sorte une décantation inversée qui consiste à amener les substances solides en suspension (ou huiles et graisses) généralement finement dispersées dans l'eau, dans un complexe plus léger, constitué essentiellement par une mousse d'air, qui flotte à la surface de l'eau et que l'on sépare soit par débordement soit par raclage mécanique. La technologie la plus utilisée est l'aérotation ou flottation par air dissous produisant des microbulles d'air selon le processus de préssurisation – détente : l'eau préalablement saturée en air sous une pression de 2 à 4 atmosphères se dégage dans une cellule de flottation travaillant à la pression atmosphérique en donnant naissance à un nuage de microbulles d'air qui en se fixant sur les particules les allège en provoquant leur flottation.

DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement d'une installation de traitement par voie physico-chimique se base sur le débit horaire à traiter et le temps de contact au niveau de certaines étapes de traitement :

Coagulation :

Le temps de contact à respecter dans cet étage dépend des cinétiques de réactions et des réactifs mis en œuvre. Ce temps de contact peut être de :

- quelques minutes (5 à 10) pour les réactions rapides (acidification, cassage, etc....),
- plus de 30 minutes pour les réactions lentes (utilisation de la chaux par exemple).

Ces réactions nécessitent souvent une agitation rapide (150 à 200 tours/min) pour assurer un bon mélange et optimiser la réaction).

Floculation :

Le temps de contact à respecter dans cet étage dépend des cinétiques de réactions et des réactifs mis en œuvre. Ce temps de contact est souvent relativement long (20 à 30 minutes) pour permettre la formation et la croissance de flocs. Ce temps de séjour doit être adapté pour ne pas risquer un cassage des flocs. Pour favoriser la formation de flocs et éviter les phénomènes de cisaillement, cette étape est souvent réalisée sous agitation plutôt lente (40 à 50 tours/min).

La séparation de la phase aqueuse de la phase solide :

En fonction de l'origine des effluents et la teneur en matières en suspension formées par conditionnement (coagulation/floculation), la clarification des effluents peut être réalisée :

Soit par décantation :

Dans ce cas le dimensionnement est réalisé en fonction de la Chs (charge hydraulique superficielle ou vitesse de décantation) appliquée sur l'ouvrage :

$$\text{Chs (m/h)} = (\text{débit horaire en m}^3/\text{h}) / (\text{surface de l'ouvrage en m}^2)$$

Dans la pratique, la charge hydraulique à appliquer est variable en fonction de l'effluent à traiter et surtout les caractéristiques des flocs formés après coagulation/floculation. Plus les flocs sont légers plus la charge hydraulique à appliquer sera faible (pour permettre leur décantation). Plus les flocs sont denses plus la charge hydraulique sera importante, ainsi :

- Pour des boues minérales (flocs denses) : la Chs peut être comprise entre 1 et 1,5 m/h (jusqu'à 2 m/h),
- Pour des flocs à décantation moyenne : la Chs est comprise entre 0,6 et 1 m/h,
- Pour des flocs à décantation lente : la Chs est inférieure à 0,4 m/h,
- Pour les flocs à décantation très lente : il est recommandé de passer en flottation.

La définition de la vitesse optimale de décantation est souvent réalisée par des essais, soit en laboratoire, soit en installation pilote dynamique.

Soit par flottation :

Pour les effluents caractérisés par une mauvaise décantabilité ou une décantabilité plutôt lente, il est souvent recommandé d'utiliser le procédé de flottation pour clarifier l'eau traitée. Le dimensionnement est réalisé en fonction de la charge hydraulique superficielle (ou vitesse de flottation) appliquée sur l'ouvrage :

$$\text{Chs (m/h)} = (\text{débit horaire en m}^3/\text{h}) / (\text{surface de l'ouvrage en m}^2)$$

Pour assurer l'injection des fines bulles permettant d'entraîner les flocs formés vers la surface de l'ouvrage, une fraction de l'eau traitée (~ 25%) est recirculée (transit par un ballon de pressurisation qui la comprime avant la dépressurisation au contact de l'atmosphère ambiante). Le dimensionnement doit tenir compte du débit de recirculation s'ajoutant au débit à traiter.

La charge hydraulique superficielle appliquée varie de 3 à 6 m/h (débit de recirculation compris).

SUBSTANCES CONCERNEES

Le traitement physico-chimique peut être appliqué essentiellement pour réduire les teneurs en métaux (précipitation), en huiles (cassage), en colloïdes. Toutefois, il peut aussi réduire une fraction de la pollution organique (présente sous forme colloïdale) et atténuer la coloration des effluents. Pour certains composés, il peut être associé à des traitements de déshuilage/dégraissage.

Un ajout de charbon actif en poudre à l'étape de coagulation peut améliorer significativement l'abattement de certaines substances, en étant toutefois délicat à mettre en œuvre.

Remarque : il existe des applications de couplage de traitement biologiques en amont de traitements physico-chimiques permettant de traiter des effluents avec plusieurs caractéristiques de pollutions organiques et minérales (REX ARCADIS).

Parmi les substances susceptibles d'être traitées par voie physico-chimique, on peut citer : Arsenic, Chrome, Cadmium, Mercure, Nickel, Plomb, Cuivre, Zinc, -Toluène, -Xylène, -Nonylphénols.

Substances organiques

Ethylbenzène (INERIS, 2006)

Dans les raffineries de pétrole, il est fait appel à des procédés de déshuilage et dégraissage associés généralement à des procédés de flottation et de coagulation. Ils permettent d'extraire des matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau comme c'est le cas pour les hydrocarbures (Boeglin j.L., 1998). Dans le cas d'un système API (américain pétroleum institute separator) on peut atteindre des performances entre 90 et 95%. Le coût d'un tel procédé est de 2 millions d'€ pour une capacité de traitement de 1200 m³/h. (IPPC, 2001).

HAP (RMC, 2010)

Il a été constaté un abattement significatifs des le Hydrocarbures Polycycliques (HAP) dans les stations biologiques urbaines. Ces composés présentant une forte affinité pour les MeST ils sont majoritairement piégés dans les boues. On peut donc calquer le taux d'abattement des HAP sur celui des MeST.

Sur une station biologique on notera donc les trois voies d'élimination des HAP :

- l'élimination par décantation
- l'élimination par entraînement gazeux dans le bassin d'aération
- l'élimination par dégradation bactérienne

Des rendements de l'ordre de 98 % peuvent ainsi être atteints.

HAP anthracène (INERIS, 2006)

Dans les STEP, il est constaté une importante adsorption d'anthracène sur les fractions organiques des matières en suspension (MES) et sur les sédiments [Remillon, 2003]. Pour les MES, la simple décantation primaire permet un taux d'abattement moyen d'environ 50 %. Les rendements d'épuration les plus importants (98 %) sont observés dans les stations pratiquant un traitement biologique secondaire.

D'après (Feix, 1995) cité par (Bernal, 2005), l'anthracène présent dans les eaux usées urbaines est significativement abattu par les stations d'épuration, et très retenu dans les boues (25%). La teneur moyenne des boues de 40 stations d'épuration était en moyenne de 4,3 mg/kg de matière sèche.

Hexachlorobenzène (INERIS, 2005)

Selon le BREF du traitement des eaux, le taux d'élimination dans les eaux usées, de l'hexachlorobenzène sous influence de la coagulation est de 59 % (BREF Traitement des eaux).

Nonylphénols (RMC, 2010)

Déshuilage/dégraissage + coagulation flottation (ennoblissement textile) :

Une étude revendique des taux d'élimination de 95% d'effluent de lavage de laine, par un traitement physico-chimique avec un floculant spécialisé.

Toluène

Déshuilage/dégraissage + coagulation flottation (RMC, 2010)

Dans les raffineries de pétrole, on fait appel à ce type de traitement. Dans le cas d'un système API (American Petroleum Institute Separator) on peut atteindre des performances entre 90 et 95%. Toutefois cette technique suffit pas à atteindre les objectifs de la DCE et doit donc être complétée par un traitement de finition.

Trichloroéthylène (CWW, 2003)

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination dans les eaux usées, du trichloroéthylène sous influence de la coagulation est de 36 %.

Tétrachloroéthylène (CWW, 2003)

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination dans les eaux usées, du tétrachloroéthylène sous influence de la coagulation est de 30 %.

Tributylétain cation

Les effets de la coagulation sur des eaux usées contenant des composés de tributylétain sont performants. En effet des taux d'épuration supérieur à 90% sont atteints. (CWW, 2003)

Pesticides

Au cours des étapes de coagulation, floculation, décantation, seuls les pesticides pouvant s'adsorber sur les particules formés peuvent être éliminés. Selon Degrémont, des contrôles effectués sur plusieurs installations industrielles montrent que l'élimination de l'atrazine par coagulation/floculation ne dépasse pas 12%. (Degrémont, 2005)

Composés minéraux

Traitement combiné pré-chloration – coagulation/décantation

La chloration combinée à la coagulation-décantation améliore nettement la réduction des métaux lourds (Degrémont-Suez, 2005).

Arsenic – Composés

Traitement par précipitation (RMC, 2010)

Dans l'industrie extractive :

La technique employée pour limiter des émissions d'arsenic dans les eaux est la précipitation par addition de sels ferriques pour atteindre des niveaux d'arsenic inférieur à 0,5 mg/l. Exemple: dans une mine de talc-magnésite en Finlande, les rendements des réactions de précipitation sont les suivantes:

- si le pH est inférieur à 6 la précipitation de l'arsenic à la suite de l'ajout de sulfate ferrique est "totale"
- si le pH est supérieur à 6, la précipitation (en présence d'une quantité plus importante de sulfate que celle employée dans le cas précédent) aboutit à une teneur résiduelle en arsenic dans les eaux de 0,4 mg/l

Dans l'industrie de production de plomb :

L'arsenic est éliminé par oxydation par la réaction de l'arsenic avec une solution de nitrate de sodium et de soude caustique suivie d'un écrémage mécanique

Dans le secteur de la chimie minérale :

Lors de la production d'acide phosphorique l'arsenic est séparé de l'acide par précipitation à l'aide d'une solution de Na_2S . Le précipité est éliminé par filtration. Le filtrat est traité avec les déchets chimiques dangereux Note fiabilité : 3

Traitement complémentaire (RMC, 2010)

La technique de traitement par précipitation décrite ci-dessus ne permet pas d'atteindre les objectifs de la DCE (42 $\mu\text{g/l}$ sur la base de 10 x NQE). Un traitement complémentaire peut donc être nécessaire (traitement membranaire par exemple). Il faut noter également que les métaux sont également transférés dans les boues des stations biologiques qui constituent par conséquent un traitement à part entière.

Traitement par extraction (HSDB, 2000)

L'extraction par amines à haut poids moléculaire et ammonium quaternaire peut se révéler une technique prometteuse pour la réduction d'éléments toxiques tels que l'arsenic des effluents

Cadmium composés (INERIS, 2005)

Dans les eaux usées issues de l'industrie chimique, le taux d'élimination du cadmium et de ses composés sous influence de la coagulation est de 98 % (BREF Traitement des eaux).

Chrome composés (INERIS, 2010)

Traitement par réduction du Cr(VI) en Cr(III) complété par floculation

Des mesures peuvent être mises en place pour réduire les émissions de chrome, en particulier sous ses formes hexavalentes, soit par réduction à la source soit par traitement des effluents.

Pour les rejets liquides, le traitement se fait en 2 étapes : réduction de Cr(VI) en Cr(III), souvent en pH acide avec du bisulfite de sodium (ou autre réactif tel que le sulfate de fer), puis neutralisation et

précipitation des sels trivalents (hydroxydes) par un neutralisant (chaux, soude, magnésie). Le traitement est complété par une floculation et une séparation solide/liquide.

Cuivre composés (INERIS, 2010)

Traitement en vue d'une récupération du cuivre dans les effluents industriels

L'un des procédés de récupération de cuivre dans les effluents industriels consiste à augmenter le pH par précipitation. Cette précipitation du cuivre est réalisée par ajout d'eau de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ est suivi d'une floculation et d'une filtration sur sable. Les résidus solides sont ensuite envoyés dans un four à 400°C pour former l'oxyde de cuivre CuO . Cette technique applicable pour le traitement des effluents industriels a été utilisée par exemple par le groupe KME (filiale française de Tréfinmétaux qui fabriquait des bandes et des rouleaux en cuivre) (Béruit, 2008).

Traitement du cuivre dans les eaux usées

La coagulation par les sels d'aluminium et de fer peut éliminer le cuivre dans les eaux usées.

Nickel & composés (RMC, 2010)

Un traitement par coagulation floculation est couramment utilisé pour traiter le nickel en association ou non à un traitement biologique.

Ce traitement permet d'abaisser significativement la concentration en cuivre sans toujours atteindre les limites imposées par la DCE. Les taux de nickel peuvent être réduits de 0% à 20% (Degrémont, 2005). On doit veiller à séparer le nickel des composés cyanurés avec lesquels ils forment des complexes stables qui ne pourront pas être traités (European Commission, 2005a)

Mercuré & composés (RMC, 2010)

Les taux de mercure peuvent être réduits de 50 à 90% par Coagulation, Floculation, Décantation (Degrémont 2005). D'après US EPA c'est le procédé le plus fréquemment utilisé, après plusieurs cycles de traitement éventuellement associés à une étape d'adsorption sur charbon actif, ce procédé permet d'atteindre des concentrations de l'ordre de 2µg/l.

Limites de ce procédé :

- présence d'un trop grand nombre d'espèces métalliques qui pourraient nuire à l'efficacité,
- l'efficacité du procédé repose sur les bonnes techniques de séparation (floculation et/ou filtration),
- le procédé peut aboutir à la formation de boues toxiques,
- les eaux traitées nécessiteraient un réajustement du pH.

Soutenu par l'Union Européenne, le projet de recherche "mercury" s'intéresse à la chélation* du mercure par les calixarènes en milieu aqueux. Ainsi, un nouveau matériau, de la silice dopée aux calixarènes**, a été développé et testé et pourrait permettre de constituer des membranes extractrices filtrant des effluents industriels à faible coût (RDT info, 2005). Cependant, à ce jour, aucune application commerciale de cette technologie n'est encore disponible.

* Formation ou présence de liaisons ou autres forces attractives entre un atome central unique (ici le mercure) et deux ou plusieurs sites liants distincts d'un même ligand.

** Les calixarènes sont des composés cylindriques utilisés comme complexant en chimie supra moléculaire. Leur nom vient de leur ressemblance dans leur forme avec les vases grecs nommés en anglais "calix crater".

Plomb & composés

Précipitation (RMC, 2010)

Les effluents aqueux peuvent contenir du plomb en cas d'utilisation d'eau de rinçage ou d'un système de traitement des gaz résiduaires par voie humide. Dans ces cas, l'effluent liquide doit être traité par

précipitation des métaux lourds, neutralisation et filtration sur sable. On peut ainsi atteindre des concentrations en métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) inférieures à 0,1 mg/l.

Coagulation, Floculation, Décantation (RMC, 2010)

Le BREF verreries identifie un certain nombre de techniques pour réduire la présence de plomb dans les effluents aqueux: traitement physico-chimiques (tamisage, écumage, décantation, centrifugation, filtration)

Zinc composés

Les traitements physico-chimiques sont adaptés pour le traitement du zinc et ses composés. Une concentration inférieure à 0,1 mg/l dans l'effluent peut être atteinte. (RMC, 2010)

Substances complémentaires

Pfos & sels (INERIS, 2010)

Une étude portant sur la dégradation de 10 composés perfluorés dans les eaux a mis en évidence l'inefficacité de nombreux traitements. Les traitements d'épuration consistaient en un traitement primaire et secondaire classique et un traitement tertiaire avec combinaison de procédés différents pour les 4 études expérimentales. Les procédés sont la filtration sur média, la chloration, la chloramination, le traitement par polymères, le traitement sur bioréacteur à lit fixe et la floculation. La concentration en PFOS dans les eaux issues de ces 4 stations de traitement varie entre 20 et 190 ng/L (Plumbee *et al*, 2008).

PCB

Selon le BREF des systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique le taux d'élimination dans les eaux usées, du PCB sous influence de la coagulation est compris entre 30 et 40%.

SOUS-SECTEURS CONCERNES

Idéal pour le traitement des eaux de lavage des gaz d'UIOM (sous-secteur 3.3) car les métaux sont sous forme oxydés. Ce traitement peut alors être considéré comme le traitement de base qui peut être complété en tant que de besoin par d'autres traitements de type adsorption, échanges d'ions ou traitement membranaire pour abaisser les concentrations résiduelles.

La coagulation floculation peut difficilement être utilisée pour les effluents provenant de process anaérobie (méthanisation : sous-secteur 3.5) : en effet, les métaux s'y trouvent sous forme réduite non propice à la technique et un risque de formation d' NH_3 (chaux+ NH_4) existe.

Il faut toutefois signaler que les performances de ce type de traitement risquent d'être insuffisantes pour atteindre les objectifs (10 x NQE). Ils devront le plus souvent être associés à un traitement de finition spécifique aux substances dangereuses.

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT

En fonction du volume journalier d'effluent émis par l'activité, le traitement, par voie physico-chimique des effluents issus des ateliers de traitement de surface peut être réalisé :

- en discontinu (bâchée) pour des volumes journaliers ne dépassant pas les 10 m³/j,
- soit en continu pour des volumes supérieurs à 10 m³/j.

Débit à traiter	Investissement en cas d'achat (k€) Hors bâtiment
< 1 m3/h	Traitement discontinu : 150 -300
10 à 20 m3 /h	400 -700
20 à 40 m3/h	700 -1000
40 à 60 m3/h	1000 – 1500

BILAN DES AVANTAGES ET DES INCONVENIENTS – PERFORMANCES ESTIMATIVES

Remarque d'ordre générale : dans tous les cas une approche technico-économique préalable doit orienter le choix de la filière à étudier en 1ère approche : soit une filière de traitement sur site, soit une filière d'élimination extérieure par une société spécialisée.

AVANTAGE :

- Traitement de base (pré-requis) pour la phase particulière et les métaux (précipitation en phase de neutralisation), largement répandu – Bonne reproductibilité des essais laboratoire à l'échelle industrielle
- Simplicité du principe de fonctionnement -Coûts d'investissements modérés – Possibilités d'introduction de charbon actif en poudre en phase de coagulation, bien que délicate à mettre en œuvre, permettant le cas échéant d'améliorer l'abattement de certaines substances
- Possibilité d'améliorer les performances en utilisant des agents insolubilisant ou chélatant – Performances très bonnes sur les MES et les métaux mais nécessitant un traitement supplémentaire de finition pour atteindre les niveaux requis
- L'électrocoagulation, procédé dérivé moins répandu, permettrait d'obtenir selon les cas des performances un peu meilleures pour des installations plus compactes

INCONVENIENTS / CONTRAINTES D'EXPLOITATION :

- En général inopérant sur les polluants à l'état dissous (hors métaux), sauf cas d'adsorption sur les floccs formés ou sur du charbon actif en poudre
- Production de boues, à déshydrater (éventuellement), et à évacuer
- Dégradation du traitement en cas de mauvaise maîtrise du pH
- Contrainte d'exploitation et d'encrassement des ouvrages (cas des UIOM : coprécipitation des sulfates par la chaux dans le traitement)
- Production de boues (élimination en CET classe1)
- Conditions de pH pouvant nécessiter une correction des eaux traitées avant rejet ou avant un traitement de finition complémentaire -Conditions de traitement pouvant être antagonistes entre les différents polluants à traiter
- Risques de transfert de pollution (COV, par exemple : benzène, toluène) vers l'atmosphère avec l'aérofloculation
- Utilisation de réactifs dangereux (acides, bases)
- Suivi analytique rigoureux et entretien / maintenance réguliers des instruments
- Difficile à maîtriser lorsque la qualité des effluents varie

RETOUR D'EXPERIENCE ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Insolubilisant et précipitant de métaux lourds

Afin d'atteindre des seuils de rejets plus faibles en métaux lourds des produits utilisant le TMT (ou de dithiocarbamate, etc.) sont de plus en plus souvent utilisés.

Ces produits insolubilisant ou précipitant de métaux lourds trouvent naturellement leurs utilisations dans les installations d'incinération.

- L'ajout de faibles quantités d'insolubilisant dans l'installation de traitement des eaux de lavage des fumées permet de précipiter avec assurance et d'éliminer les liaisons complexes de mercure et de cadmium.
- L'utilisation combinée de la technique de précipitation des hydroxydes et d'un insolubilisant permet une exploitation particulièrement économique des installations.
- Les valeurs limites de teneurs en métaux lourds des eaux usées peuvent être respectées. Celles-ci sont parfois même inférieures aux exigences concernant la qualité de l'eau potable.
- Les liaisons métaux lourds-TMT stables à la température peuvent être séparées à l'aide d'un séchoir atomiseur.

Remarque : Le retour d'expérience ARCADIS montre que l'utilisation d'insolubilisant permet d'obtenir des concentrations résiduelles en métaux très faibles et ne présente pas de risque pour l'environnement. L'utilisation de FeCl₃ suite au traitement par ajout d'un insolubilisant permet de fixer la part résiduelle après décantation des floccs dans les eaux.

L'ajout d'adjuvants complexes et de sulfures (par ex. Na₂S, Tri- Mercaptan - TMT, etc.) permet davantage de réductions du mercure et autres évacuations de métaux lourds. (WT, 2006)

Pistes d'innovation

En ce qui concerne la coagulation/floculation, de nouveaux matériaux, plus respectueux de l'environnement car renouvelables et biodégradables comme le chitosane apparaissent porteurs de solution. Ces matériaux sont également relativement bon marché. Ces matériaux présentent néanmoins certains inconvénients tels que le manque d'uniformisation des procédures de production de celui-ci. Les propriétés (chélation, adsorption) dépendent des différentes sources de chitine (la qualité de la chitine commerciale n'est pas constante) ainsi que de différents autres paramètres. (in91, 2008)

Les raisons principales du succès des polymères organiques (synthétiques ou naturels) sont les suivantes (Crini, et al., 2007) :

- ils ont pour avantage d'être moins toxiques et sont efficaces à de beaucoup plus faibles concentrations que les sels de métaux,
- de faibles concentrations de polymères réduisent le volume de boues produites,
- par exemple, dans le cas de l'utilisation de polymères naturels, les quantités de boues produites non toxiques sont moindres qu'avec l'alun, et de plus, étant donné que ces produits sont biodégradables (cas du chitosane), les boues sont facilement digérées par les microorganismes,
- les polymères augmentent considérablement la densité des boues et leur utilisation améliore le procédé de déshydratation des boues en comparaison avec les sels métalliques;
- ils ne sont pas corrosifs et faciles à manipuler,
- ils ne produisent pas des métaux résiduels pouvant causer des problèmes de contamination,
- ils apportent très peu de salinité supplémentaire à l'eau traitée et sont utilisables à pH alcalin.

Certains agents complexant inorganiques et organiques contenus dans l'eau peuvent perturber ou inhiber la réaction de précipitation. Des concentrations élevées de sels neutres augmentent la solubilité résiduelle de la précipitation neutre des métaux. Si les exigences concernant les concentrations de métal résiduel ne sont pas respectées, il est nécessaire d'avoir d'autres phases de traitement, par exemple une précipitation supplémentaire sous forme de sulfure, de filtration, d'échange d'ions, etc. Il peut être nécessaire d'avoir un prétraitement afin d'assurer des conditions optimales de précipitation et de floculation. Ceci peut impliquer une séparation des substances légères, un fractionnement des émulsions, une destruction complexe ou une élimination systématique, une détoxification ou éviter des substances qui peuvent perturber la réaction ou la séparation ultérieure des solides. Ceci peut également entraîner une exigence de traitement séparé des déchets et de leurs eaux résiduaires. Si les eaux résiduaires contiennent des substances actives en surface qui peuvent entraîner la formation de mousse dans les conteneurs de réaction, il est nécessaire de prendre des mesures pour les neutraliser. (WT, 2006)

PERFORMANCES CONSTATEES SUR DES CAS PARTICULIERS**Utilisation d'un insolubilisant : le TMT 15®**

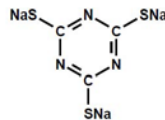
Les données relatives à l'utilisation du TMT 15 sont essentiellement issues des informations fournies par le fabricant (Peldszus, Rüdiger, 2011). L'application industrielle principale reste l'utilisation dans le traitement des effluents des usines d'incinération et des centrales à charbon.

On utilise le TMT 15® pour précipiter les métaux lourds mono et bivalents en solution et liés en complexes (entre autres: plomb, cadmium, cuivre, nickel, mercure, argent) dans les eaux usées car, en raison des agents complexant, ceux-ci ne peuvent pas être précipités sous forme d'hydroxyde (ou pH de précipitation non adapté car large gamme de métaux à traiter).

Avantage (Ces informations sont issues de la présentation commerciale de la société EVONIK industrie).

aucun pilote préalable nécessaire
boues générées généralement stable
métaux capturés au cœur du floc

Structure:



Exemple d'utilisation du TMT pour traiter le problème du Mercure présent dans les eaux de lavage des gaz d'une UIOM.

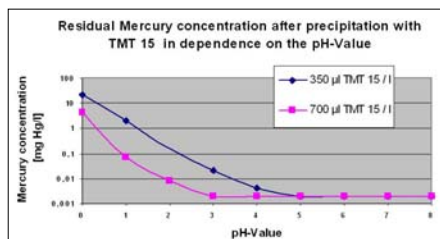
Rendement et consommation (Peldszus, Rüdiger, 2011):

	Dosage du TMT 15	Pb	Cd	Cu	Ni	Hg	Zn
	ml/m ³	mg/ml	mg/ml	mg/ml	mg/ml	mg/ml	mg/ml
Echantillon non traité	-	0.44	0.02	0.29	0.44	2.2	1.43
Echantillon 1	0	0.02	0.018	0.03	0.4	1.22	<0.05
Echantillon 2	30	<0.02	<0.0006	0.02	0.4	<0.0002	<0.05
Echantillon 3	50	<0.02	<0.0006	0.035	0.38	<0.0002	<0.05
Echantillon 4	70	<0.02	<0.0006	<0.02	0.38	<0.0002	<0.05
Echantillon 5	100	<0.02	<0.0006	0.03	0.35	<0.0002	<0.05

Les résultats ci-dessous sont valables pour les conditions de traitement suivantes :

Echantillons d'eau de lavage de gaz de combustion (pH de 5,6) puis amené à pH de 9 par ajout de soude. Ajout de différentes quantités de TMT 15®, floculation puis filtration de la sédimentation après 1,5h sur un filtre à membrane et mesure de la concentration résiduelle des métaux analysés par ICP).

Remarque : les concentrations de l'effluent sont relativement faibles pour des eaux de lavages des fumées. De plus le traitement en UIOM est fait avec de la chaux pour coprecipiter les sels (sulfates, fluorures).



Influence du pH (Peldszus, Rüdiger, 2011) :

REFERENCES

Crini Gregorio et Badot Pierre-Marie Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [Ouvrage]. - [s.l.] : Presse universitaire de Franche-Comte, 2007.

CWW BREF - Systèmes communs de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique [Rapport]. - 2003.

Degrémont Mémento technique de l'eau [Ouvrage]. - [s.l.] : Tec & Doc Lavoisier, 2005. - Vol. Dixième édition : p. 1874.

HSDB Hazardous substance data bank - Arsenic [En ligne]. - Toxnet, 2000. - juin 2011. - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@m+@rel+7440-38-2>.

in91 Techniques de l'Ingénieur - TI IN 91 [Rapport]. - 2008.

INERIS CADMIUM ET SES DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CHROME ET SES COMPOSES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS CUIVRE, COMPOSES ET ALLIAGES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS Dichlorvos [En ligne] // Portail des substances chimiques. - mars 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/786>. - 2011.

INERIS ETHYLBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS HAP [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2006. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS HEXACHLOROBENZENE [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2005. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

INERIS PFOS, ACIDE, SELS ET DERIVES [En ligne] // Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. - 2010. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

Peldszus, Rüdiger Heavy Metal Separation from Flue Gas Scrub Water with TMT15® [En ligne] // Evonik Industrie. - 2011. - http://www.mcilvainecompany.com/Universal_Power/Subscriber/PowerDescriptionLinks/Rudiger%20Peldszus,%20Evonik%206-16-11.pdf.

RMC Agence de l'Eau Etude sur les coûts de réduction des rejets de substances toxiques - fiches substances [Rapport]. - 2010.

w8000 TI Élimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau [Rapport]. - 2007.

WT BREF - Industrie de traitement des déchets [Ouvrage]. - 2006.

VOLET 3

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES PRELEVEMENTS

Cette fiche regroupe présente deux types de synthèses. La première concerne les recommandations générales sur les prélèvements d'effluents liquide, la seconde sur les modalités de prélèvements par substances.

Les principales sources d'informations consultées pour établir les recommandations pour un prélèvement de qualité sont :

- Le site de l'Agence pour l'Environnement du Royaume Uni (spécifiquement pour les COV)
- Le site de l'EPA ;
- Le site d'AQUAREF, et particulièrement les "fiches méthodes" dédiées au prélèvement des substances émergentes, lorsqu'elles existent.
- Le site de l'INERIS, et particulièrement les "fiches de données toxicologiques et environnemental" décrivant les méthodes de détection et de quantification dans l'environnement de certaines substances dangereuses ;
- L'Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/2009 ;
- La Norme NF EN ISO 5667-3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau ;
- Le guide de prélèvement pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement (Réf. FD T 90-523-2)
- Les documents BREFS :
 - Systèmes communs de traitement des eaux et gaz résiduaire dans l'industrie chimique ;
 - Industries de traitement des déchets ;
 - Incinération des déchets
- Une enquête auprès d'experts nationaux et internationaux.
- Le Retour d'expérience ARCADIS ;
- Des publications scientifiques diverses (Technique, Sciences et Méthodes ; IRSTEA ; Environnement et Technique, ...)

Les synthèses ont fait l'objet d'une relecture et d'une analyse critique de la part de **Jean-Philippe CIRCAL, directeur développement chez SGS Multilab**. Certaines des données présentées proviennent de son retour d'expérience.

L'objectif de ces recommandations est de garantir un niveau de contrôle effectif des substances dans les rejets, ou à tout le moins de caractériser le niveau de sensibilité techniquement possible à atteindre en routine. Elles sont formulées dans l'esprit des "Meilleures Techniques Disponibles". Dans cet esprit, les éventuelles incompatibilités entre les capacités analytiques actuelles et les niveaux d'exigences de la réglementation sont répercutées dans les fiches substances (rapport NQE/LQ par exemple).

On notera qu'un interlocuteur d'un laboratoire international d'analyses confirme que la méthode d'échantillonnage des eaux usées est complexe et induit forcément des incertitudes sur la représentativité de la mesure par rapport à l'état initial de l'effluent au moment où il est prélevé. Les effluents sont généralement stockés en bassins de rétention. Les prélèvements d'eau sont effectués dans les bassins, mais aucune technique ne permet l'homogénéisation du contenu du bassin de stockage afin de s'assurer de la représentativité des échantillons prélevés. Du fait de la présence d'une crépine ou d'un élément particulier dans l'architecture du bassin, certaines zones peuvent présenter des concentrations particulières en substances dangereuses, différentes du reste du bassin.

• **RECOMMANDATIONS GENERALES SUR LES PRELEVEMENTS**

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Hygiène et sécurité	INERIS 2008 Impact des opérations de prélèvement...18	<p>> La grande diversité des situations pratiques rencontrées sur le terrain au cours des prélèvements peut exposer le personnel à des risques multiples et variés soit associés aux installations soit aux contaminants recherchés.</p> <p>> Dans tous les cas et surtout lorsque l'exposition au risque potentiel existe il convient que le personnel effectuant les prélèvements dispose d'équipements individuels adéquats leur permettant de prévenir tout risque d'expositions (exposition aux matières pathogènes / toxiques / CMR et risques d'accidents corporels en tout</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		genre.							
	Information ARCADIS	<p>> La priorité doit être portée sur la non exposition au risque (par exemple mise en sécurité du point de prélèvement lors de l'opération de prélèvement) en premier lieu (avant de porter sur les EPI);</p> <p>> Cela passe notamment par des protocoles H&S (ou plan de prévention) établis en commun entre le personnel effectuant le prélèvement et l'installation;</p> <p>> Ces dispositions préalables au prélèvement doivent lister tous les risques</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		potentiels et les tous les moyens pour ne pas y être exposés. Si l'exposition au risque demeure, l'analyse doit alors porter sur le choix des EPI en fonction des risques encourus (protection physique contre les chocs, protections contre les chutes, protection contre les contaminants...etc...							
Général prélèvement	Fiches substance Aquaref	<ul style="list-style-type: none"> > Choisir son matériel en fonction de l'objectif du prélèvement, de la nature de l'eau et de la quantité à prélever; > Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement ; > Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc....) pour le 	<ul style="list-style-type: none"> > Les flacons doivent être préparés en fonction du type d'analyse et en respectant le conditionnement et les conditions de conservation prescrits par le laboratoire. > vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage) ; 						

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>remplissage des flacons et apporter une attention aux opérations d'homogénéisation avant conditionnement des échantillons et envoi au laboratoire, en utilisant les techniques d'homogénéisation adaptées (utilisation d'un dispositif d'agitation avec pales, mise en place d'une recirculation en circuit fermé dans le flacon collecteur,...)</p> <p>> Les composés organiques volatils sont à rechercher directement sur l'eau brute. Même en présence de MES, il faut proscrire la filtration pour éviter les pertes de substance</p> <p>> Vérifier régulièrement (et impérativement lorsque les fournisseurs diffèrent)</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage) et les matériaux de prélèvement en contact avec les effluents.							
	INERIS 2008 Impact des opérations de prélèvement... ¹⁷	<ul style="list-style-type: none"> > "Une observation sur un rayon de 2m autour du point de prélèvement est fortement conseillée"; > "Toute perturbation doit clairement être signalée"; > La valeur des repères (limnimètres ou autres) doit être systématiquement indiquée sur la fiche de prélèvement / intervention. 							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
	INERIS 2008 Impact des opérations de prélèvement... ¹⁹	<ul style="list-style-type: none"> > Bannir les matériaux pigmentés et les matériaux PVC pour le système de prélèvement; > Le rinçage du système de prélèvement est un acte important et doit être réalisé à chaque lieu de prélèvement afin d'éviter les contaminations d'une station de prélèvement à l'autre; > Plus le nombre de rinçage est important, plus le risque de contamination est maîtrisé et minimisé; > Privilégier les matériaux plastiques de type Téflon ou PEHD reconnus comme chimiquement inertes; > L'inox peut être recommandé pour les prélèvements de micropolluants 							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		organiques mais doit être évité pour le prélèvement des métaux;							
	Environnement et TECHNIQUE n°291 ²¹	<p>> Les objectifs des prélèvements sont multiples : déterminer la conformité d'une eau à une spécification réglementaire de qualité / caractériser une contamination, son niveau et ses variations / identifier les sources de pollution</p> <p>> Privilégier les flacons à usage unique présentant l'avantage d'être stériles, pour les autres flacons, les prévoir en verre et effectuer une bonne stérilisation.</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		> Chaque flacon représente un prélèvement unique. Il doit être étiqueté et identifié avec le plus de précision possible. Il fait référence à une fiche de prélèvement qui reprend l'ensemble des données de localisation et les valeurs des données des paramètres mesurés in situ.							
Profondeur de prélèvement et homogénéisation du volume prélevé	INERIS 2008 Impact des opérations de prélèvement... ²⁰	> Sauf objectifs de prélèvement particulier (surface ou fond de la zone de prélèvement spécialement ciblés pour en définir les caractéristiques / polluants pouvant s'y trouver), les préleveurs doivent éviter de prélever la pellicule de surface et de mettre en suspension les dépôts au droit de la zone de prélèvement;							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>> Il est recommandé que le prélèvement soit effectué à une profondeur d'environ 30 cm sous la surface et à 50 cm au-dessus du fond, sinon à mi-profondeur;</p> <p>> Il est recommandé d'homogénéiser le volume prélevé (sans créer d'émulsion ni barbotage) avant remplissage de sous échantillons lorsque un ou plusieurs sous échantillons sont constitués à partir d'un container contenant le prélèvement primaire (cas du passage de l'effluent passage d'un seau à un ou plusieurs flacons de prélèvement par exemple) . Ceci afin de répartir équitablement les fractions particulières entre les sous échantillons. Attention</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>toutefois à ne pas induire de perte de contaminants volatils par une homogénéisation trop vive;</p> <p>> Le lieu de prélèvement peut permettre une homogénéisation in-situ (exemple bassin tampon avant rejet sous agitation);</p> <p>> Dans tous les cas adapter le protocole d'échantillonnage aux paramètres recherchés, à la phase à caractériser (surface, colonne intermédiaire ou zone de sédimentation) et à la configuration des installations de la zone de prélèvement.</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Techniques de conservation	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Les enceintes destinées au transport des échantillons au laboratoire devront permettre de maintenir une température de 5±3°C (température de l'enceinte)						La congélation (-20°C) de l'échantillon peut engendrer des phénomènes de précipitation ou de dépolarisation rendant la détermination de certains analytes difficile. Il convient d'évaluer la pertinence de cette technique avant d'en faire un mode de conservation courant.	
Ecotoxicité, persistance et bioaccumulation	BREF CWW ¹								> "Les actions suivantes sont conformes aux MTD": «l'évaluation de la toxicité et, suivant les

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
									méthodes disponibles, de la persistance et de la bioaccumulation potentielle des eaux usées devant être rejetées dans un milieu récepteur afin d'identifier les risques potentiels pour l'écosystème, et de communiquer les résultats aux autorités compétentes"
Ecotoxicité, persistance et bioaccumulation	BREF CWW ²								> "Les MTD sont une combinaison adéquates des mesures suivantes" : "- mettre en œuvre un système de surveillance du

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
									<p>déversement des eaux avec une fréquence adaptée (échantillonnage de 8 à 24 heures, par exemple). - évaluer en complément la toxicité afin d'obtenir des informations sur l'efficacité des mesures de contrôle et/ou sur l'évaluation des risques encourus par les eaux réceptrices. L'évaluation de la toxicité, comme les besoins réels, les méthodes à utiliser et la planification, doit être déterminée au cas par cas."</p>

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Variabilité des méthodes de prélèvement en fonction des objectifs	Arrêtés Préfectoraux d'exploitation <u>spécifiques</u> aux installations	Les fréquences et modalités de prélèvement sont à adapter de manière à pouvoir comparer les mesures aux seuils fixés dans les Arrêtés Préfectoraux d'exploitation pour les rejets. Les paragraphes décrivant ces seuils indiquent à quels modes de mesure (continue ou non, composites ou non, multiples sur une période donnée, mensuelle, etc...) correspondent les seuils ou peuvent renvoyer à une norme. Les limites de quantification à obtenir au cours des analyses doivent être en dessous des seuils et l'atteinte de certaines limites de quantification peut impliquer des volumes de							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		prélèvement variables (le volume à prélever peut varier à la hausse pour atteindre des limites de quantifications plus basses à performance d'analyse et paramètre analysé identiques.							
Caractérisation "amont" et mesures de surveillances exceptionnelles	BREF Industrie du traitement des déchets ³	> Il peut être intéressant dans certaines configurations (milieu industriel dense) de procéder à des échantillonnages en amont hydrologique (eaux superficielles) ou hydrogéologique (captages d'eau industrielle) de l'installation pour évaluer l'impact des eaux utilisées avant leur contact avec les procédés.							> La bonne caractérisation des "batchs" de déchets entrants dans l'installation peut permettre de mettre en place des analyses spécifiques ponctuelles visant à caractériser la qualité de l'effluent rejeté à l'environnement pour des paramètres qui ne seraient pas habituellement

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
									<p>suivis. > Par exemple, les exploitants peuvent démontrer que la grande majorité des batchs entrant ne contiennent pas de métaux. L'installation est donc dispensée du suivi des métaux dans les rejets de manière routinière mais le met en place ponctuellement lorsqu'elle reçoit des déchets contenant des métaux (de même qu'elle peut mettre en place un traitement spécifique ponctuel pour l'abattement des</p>

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
									<p>métaux). > Ceci implique que les déchets ont bien été caractérisés soit par le producteur du déchet (avant leur entrée dans l'installation), soit à réception sur l'installation. A noter que les résultats de cette caractérisation peuvent impliquer la non acceptation des déchets par l'installation. Ces caractérisations peuvent passer par des analyses en laboratoire mais également par des systèmes d'analyse sur l'installation du</p>

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
									type: >> dispositifs analyse en continu (fluorescence X, portiques de détection radiologique, autres types de détecteurs en ligne...); >> des détecteurs à usage "instantané" qu'un opérateur peut manipuler pour contrôler un échantillon de batch entrant (par exemple contrôle au détecteur de photoionisation pour vérifier l'absence de substances organiques volatiles dans un batch)

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Variabilité des méthodes de prélèvement en fonction de l'installation et des analystes recherchés	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ⁴	> Le volume prélevé devra être représentatif des flux de l'établissement et conforme avec les quantités nécessaires pour réaliser les analyses sous accréditation	> En cas d'intervention de l'exploitant ou d'un sous-traitant pour le prélèvement, le nombre, le volume unitaire, le flaconnage, la préservation éventuelle et l'identification des échantillons seront obligatoirement définis par le prestataire d'analyse et communiqués au préleveur. Le laboratoire d'analyse fournira les flaconnages (prévoir des flacons supplémentaires pour les blancs du système de prélèvement).				> Le prélèvement doit être adressé afin d'être réceptionné par le laboratoire d'analyse au plus tard 24 heures après la fin du prélèvement, sous peine de refus par le laboratoire		
Prélèvement en continu sur 24h	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ⁵	PRELEVEMENT CONTINU SUR 24 HEURES A TEMPERATURE CONTROLEE: > Les matériels permettant la réalisation d'un prélèvement automatisé en fonction du débit ou du volume	Le conditionnement des échantillons devra être réalisé dans des contenants conformes aux méthodes officielles en vigueur, spécifiques aux substances à analyser et/ou à la norme NF EN ISO 5667-31				Le transport des échantillons vers le laboratoire devra être effectué dans une enceinte maintenue à une température égale à 5°C ± 3°C, et être accompli dans les 24 heures qui suivent la fin du prélèvement, afin de garantir l'intégrité des échantillons.		

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>écoulé, sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Soit des échantillonneurs automatiques monoflacons fixes ou portatifs, constituant un seul échantillon moyen sur toute la période considérée. · Soit des échantillonneurs multiflacons fixes ou portatifs, constituant plusieurs échantillons (en général 4, 6, 12 ou 24) pendant la période considérée. Néanmoins compte tenu des molécules à caractériser on privilégiera l'utilisation d'échantillons monoflacons. Dans tous les cas, les échantillons devront être homogénéisés pour constituer l'échantillon moyen avant transfert dans les flacons destinés à 							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>l'analyse.</p> <ul style="list-style-type: none"> > Les échantillonneurs utilisés devront réfrigérer les échantillons pendant toute la période considérée. > Dans le cas où il s'avérerait impossible d'effectuer un prélèvement proportionnel au débit de l'effluent, le préleveur pratiquera un prélèvement asservi au temps, ou des prélèvements ponctuels si la nature des rejets le justifie (par exemple rejets homogènes en batchs). Dans ce cas, le débit et son évolution seront estimés par le préleveur en fonction des renseignements collectés sur place (compteurs d'eau, bilan hydrique, etc.). 							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>> Le préleveur devra lors de la restitution préciser la méthodologie de prélèvement mise en œuvre.</p> <p>> Un contrôle métrologique de l'appareil de prélèvement doit être réalisé périodiquement sur les points suivants (recommandations du guide FD T 90-523-2) :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Justesse et répétabilité du volume prélevé (volume minimal : 50 ml, écart toléré entre volume théorique et réel 5%) · Vitesse de circulation de l'effluent dans les tuyaux supérieure ou égale à 0,5 m/s. Un contrôle des matériaux et des organes de l'échantillonneur seront à réaliser (voir blanc de système de prélèvement) 							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>> Le positionnement de la prise d'effluent devra respecter les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Dans une zone turbulente ; · À mi-hauteur de la colonne d'eau ; · À une distance suffisante des parois pour éviter une contamination des échantillons par les dépôts ou les biofilms qui s'y développent. 							
	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ⁶	<p>> La représentativité de l'échantillon est difficile à obtenir dans le cas du fractionnement de certaines eaux résiduaires en raison de leur forte hétérogénéité, de leur forte teneur en MES ou en matières flottantes. Un système d'homogénéisation pourra être utilisé dans</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		ces cas. Il ne devra pas modifier l'échantillon.							
Blancs de prélèvement	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ⁷	<p>BLANCS DE PRELEVEMENT:</p> <p>> Blanc du système de prélèvement :</p> <p>Le blanc de système de prélèvement est destiné à vérifier l'absence de contamination liée aux matériaux (flacons, tuyaux) utilisés ou de contamination croisée entre prélèvements successifs. Il appartient au préleveur de mettre en œuvre les dispositions permettant de démontrer l'absence de contamination. La transmission des résultats vaut validation et l'exploitant sera donc réputé émetteur de toutes les substances retrouvées dans son</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>rejet, aux teneurs correspondantes. Il lui appartiendra donc de contrôler cette absence de contamination avant transmission des résultats. Si un blanc du système de prélèvement est réalisé, il est recommandé de suivre les prescriptions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> · il devra être fait obligatoirement sur une durée de 3 heures minimum. Il pourra être réalisé en laboratoire en faisant circuler de l'eau exempte de micropolluants dans le système de prélèvement. > Les critères d'acceptation et de prise en compte du blanc seront les suivants : · si valeur du blanc < LQ : ne pas soustraire 							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>les résultats du blanc du système de prélèvement des résultats de l'effluent</p> <ul style="list-style-type: none"> · si valeur du blanc ³ LQ et inférieure à l'incertitude de mesure attachée au résultat : ne pas soustraire les résultats du blanc du système de prélèvement des résultats de l'effluent · si valeur du blanc > l'incertitude de mesure attachée au résultat : la présence d'une contamination est avérée, le laboratoire devra refaire le prélèvement et l'analyse du rejet considéré. 							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Blancs de prélèvement	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ⁷	<p>BLANCS DE PRELEVEMENT: >Blanc d'atmosphère</p> <p>La réalisation d'un blanc d'atmosphère permet au laboratoire d'analyse de s'assurer de la fiabilité des résultats obtenus concernant les composés volatils ou susceptibles d'être dispersés dans l'air et pourra fournir des données explicatives à l'exploitant.</p> <p>Le blanc d'atmosphère peut être réalisé à la demande de l'exploitant en cas de suspicion de présence de substances volatiles (BTEX, COV, Chlorobenzène, mercure...) sur le site de prélèvement.</p> <p>S'il est réalisé, il doit l'être obligatoirement et systématiquement :</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<ul style="list-style-type: none">· le jour du prélèvement des effluents aqueux,· sur une durée de 24 heures ou en tout état de cause, sur une durée de prélèvement du blanc d'atmosphère identique à la durée du prélèvement de l'effluent aqueux. La méthodologie retenue est de laisser un flacon d'eau exempte de COV et de métaux exposé à l'air ambiant à l'endroit où est réalisé le prélèvement 24h asservi au débit,· Les valeurs du blanc d'atmosphère seront mentionnées dans le rapport d'analyse et en aucun cas soustraites des autres.							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Non-filtration des échantillons prélevés	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ⁸	<p>> Toutes les analyses doivent rendre compte de la totalité de l'échantillon (effluent brut, MES comprises) en respectant les dispositions relatives au traitement des MES reprises ci-dessous, hormis pour les diphényléthers polybromés;</p> <p>> Dans le cas des métaux, l'analyse demandée est une détermination de la concentration en métal total contenu dans l'effluent (aucune filtration), obtenue après digestion de l'échantillon selon les normes en vigueur</p>							
Fiches de prélèvement	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ⁹	<p>> Pour chaque prélèvement une fiche de prélèvement doit être remplie (voir sous annexe 5.3 de l'annexe 5 de la circulaire</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		RSDE)							
	INERIS 2008 Impact des opérations de prélèvement...16	> "Une homogénéisation des pratiques et des codes en terme de restitution des relevés de terrain est fortement recommandée"; > "Un travail sur la présentation et le regroupement des différentes informations sur une fiche descriptive semble nécessaire";							
Respect des normes	Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09 ¹⁰	> Les opérations de prélèvement et d'échantillonnage devront s'appuyer sur les normes ou les guides en vigueur, ce qui implique à ce jour le respect de :- la norme NF EN ISO 5667-3 "Qualité de l'eau – Echantillonnage - Partie 3 : Lignes							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau". le guide FD T 90-523-2 « Qualité de l'Eau – Guide de prélèvement pour le suivi de qualité des eaux dans l'environnement – Prélèvement d'eau résiduaire »> Les opérations de prélèvement peuvent être réalisées sur le site par :- le prestataire d'analyse ;· le sous-traitant sélectionné par le prestataire d'analyse ;· l'exploitant lui-même ou son sous traitantDans le cas où c'est l'exploitant ou son sous traitant qui réalise le prélèvement, il est impératif qu'il dispose de procédures démontrant la fiabilité et la reproductibilité de ses pratiques de</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		prélèvement							
Variabilité des méthodes de prélèvement en fonction des objectifs	BRGM assurance qualité pour les prélèvements dans les milieux ¹¹	Méthodes de prélèvement mentionnées: > Prélèvement instantané (prise d'un échantillon unique) > Prélèvement automatique avec asservissement au temps (prise d'un échantillon automatique à fréquence fixe) > Prélèvement automatique avec asservissement au débit / isocinétique							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		(prise d'échantillon représentatif des profils de vitesse et des variations de débits de l'écoulement)							
Bonnes pratiques prélèvement	AQUAREF 2008 Comparabilité des techniques de prélèvement ¹²	<ul style="list-style-type: none"> > Notification écrite de toute observation inhabituelle (indices organoleptiques, couleurs,...) > Si les flacons ne sont pas des fioles "head-space" et si aucune limite de remplissage n'est indiquée / préconisée par le laboratoire, remplir le flacon au ras bord pour éviter tout phénomène lié au contact du liquide avec l'air (précipitations, dégazage, oxydations...) > Eviter de poser les flacons / bouchons à même le sol afin de prévenir le risque de 	<ul style="list-style-type: none"> > Bannir les matériaux pigmentés pour le système de prélèvement : matériaux non inertes (relargage métaux, phtalates etc....) > Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon (PTFE) ou de PEHD (métaux, micropolluants organiques) > Vérifier l'absence de 						

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		contamination >Triple rinçage des systèmes de prélèvements à l'eau déionisée ou purge des systèmes de prélèvement à l'eau à échantillonner ou utilisation de matériel de prélèvement à usage unique (cas des prélèvements ponctuels) neuf, remplir les flacons au ras bord.	polluants dans le flaconnage mis en œuvre. Réalisation de blancs de flaconnage pour les nouveaux types de flaconnage et utilisation préférentielle du flaconnage fournis par le laboratoire						
Echantillonneurs passifs - Méthodes intégratives d'absorption sur support physique ou membrane	Fiche Aquaref APPLICATION DE LA SPMD ¹³	Méthodes intégratives d'absorption sur support ou membrane > L'avantage principal de ces méthodes est de pouvoir déceler des contaminants qui ne pourraient pas être décelés par des prélèvements ponctuels ou effectués	> Pour l'exposition, les SPMD sont placées dans une cage métallique afin de les protéger d'agressions (détritus, animaux..) et de les préserver de					> Après retrait, les SPMDs sont remises dans une boîte métallique et au froid pour le transport.	

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>sur des périodes courtes, soit parce que leur concentrations à un instant t sont trop faibles, soit parce qu'elles sont émises de manière très ponctuelles (donc passant "entre les mailles" d'une surveillance non continue). Ces méthodes peuvent toutefois donner des résultats qualitatifs très intéressants (par exemple du type présence / absence de contaminants traces en sortie ou en différents points d'une installation ou d'un réseau)</p> <p>> L'inconvénient de ces méthodes de prélèvement est la complexité de mise en œuvre souvent très spécifique au contaminant recherché et au milieu suivi. Le</p>	<p>la lumière pour éviter tout photo-dégradation des contaminants accumulés Le système de montage des SPMD doit être suffisamment lâche ou élastique pour que la dilatation due aux variations de température ne génère pas de tension de la membrane. Des dispositifs d'exposition sont disponibles à l'achat.</p> <p>> Durée d'exposition du préleveur</p>						

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>protocole de mise en œuvre doit en toute rigueur être établi par une entité ayant expertise en la matière (société spécialisées, universitaires,...)</p> <p>> La membrane semi-perméable.</p>	de 2 à 4 semaines mais variable en fonction des contaminants recherchés						
	AQUAREF / CEMAGREF Compte rendu sur les prélèvements passifs et alternatifs ¹⁴	<p>SemiPermeable Membrane Device (SPMD):</p> <p>> Ce type de préleveur a été testé sur les contaminants organiques hydrophobes HAP et PCB (SPMD).</p> <p>> Une membrane semi-perméable (Semipermeable Membrane Device, SPMD) est constituée d'un tube en polyéthylène, renfermant une couche mince de lipide (trioléine). Les pores de la membrane</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>polymérique ainsi que son hydrophobie permettent une solubilisation des contaminants organiques hydrophobes dans la membrane et leur migration jusqu'à la phase lipidique.</p> <p>>La SPMD n'est pas un échantillonneur strictement intégratif. En début d'exposition, l'accumulation est linéaire, puis la vitesse d'accumulation décroît et, si l'exposition dure assez longtemps, un équilibre est atteint entre le milieu et la SPMD.</p> <p>L'échantillonneur est intégratif pendant la phase linéaire d'accumulation</p> <p>> Plus le composé est hydrophobe, plus la SPMD donne une information intégrée sur</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>la période d'exposition.</p> <p>> L'échantillonnage par SPMD permet d'évaluer de manière intégrative les contaminants biodisponibles dans l'eau (plutôt sous forme dissoute libre) alors que pour les contaminants moins biodisponibles cette intégration est beaucoup plus délicate.</p> <p>> Ce type de prélèvement nécessite une certaine expertise car l'intégration fonctionne différemment en fonction des paramètres, les tubes doivent être dopés avec des standards internes (à effectuer de préférence par le laboratoire)</p> <p>> un biofilm qui se développe généralement sur la</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>surface extérieure de la membrane et doit être retiré manuellement une à deux fois par semaine.</p> <p>> Le système SBSE (barres d'absorption) a également été testé pour l'intégration des pesticides dans l'eau</p> <p>> Les avantages et inconvénients sont probablement équivalents au système SPMD</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
	(GOURLAY-FRANCÉ, et al., 2010)	<p>> Présentation des techniques du gradient de diffusion en couche mince (DGT) pour la mesure des métaux et les membranes semi-perméables (SPMD) pour l'analyse des contaminants organiques hydrophobes:</p> <p>> Le gradient de diffusion en couche mince (diffusive gradient in thin film, DGT) est un dispositif d'accumulation passive des métaux sous forme « labile », en général les plus « biodisponibles ». Le dispositif est composé d'un support plastique sur lequel sont disposés successivement une phase « fixante » (résine Chelex) pour laquelle les cations métalliques ont une</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>très forte affinité, un hydrogel de diffusion et un filtre de protection en polycarbonate. Les cations métalliques migrent à travers le gel de diffusion et se fixent de façon irréversible sur la résine.</p> <p>> Les éléments métalliques accessibles par la technique DGT sont : Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn</p> <p>> L'utilisation de l'échantillonnage passif dans les eaux usées a été jusqu'à présent très peu testée.</p> <p>> L'information fournie par les échantillonneurs passifs est différente et complémentaire des mesures réalisées classiquement. Dans une eau usée, très chargée en matières organiques qui limitent</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		la « labilité », cette différence est fondamentale, car seule une faible proportion des contaminants dissous (fraction la plus réactive) sera disponible pour l'échantillonnage passif. > Voir également avantages / inconvénients des techniques d'échantillonnage passif décrits dans la ligne précédente.							
Echantillonneurs passifs - Méthodes intégratives d'absorption sur support biologique	Information ARCADIS	Méthodes d'absorption sur support végétal vivant > des espèces de mousses et algues ont été testées pour intégration de paramètres (PCB notamment) > le principe est de							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>placer un échantillon de l'espèce vivante dans une cage en acier et de la placer dans le milieu à tester pendant la durée d'intégration. L'accumulation se fait par l'organisme qui est ensuite retiré et analysé en laboratoire pour les polluants recherchés</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Autres tests biologiques permettant une évaluation toxicologique globale des effluents	Information ARCADIS	<p>> Tests basés sur la mortalité des organismes vivants >soit placés dans l'effluent (bassin tampon juste avant rejet au milieu naturel par exemple) > soit en exposant certains organisme (test basé sur la mortalité des Daphnies par exemple) à des échantillons d'effluents prélevés.</p> <p>> Tests basés sur une réaction d'organismes vivants >inhibition de la production de lumière de certaines bactéries suite à exposition à des échantillons contaminés</p> <p>> Tests basés sur une réaction des cellules exposées au milieu contaminé > De nombreux tests basés sur la réaction</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>des cellules (modification des propriétés physiques et/ou génétiques des cellules animales - y compris humaines - ou végétales exposées à un effluent) sont en cours de développement.</p> <p>> Avantages de ces tests: ces tests permettent d'appréhender la toxicité d'un effluent dans son ensemble (effet d'un cocktail de molécules et non des substances prises individuellement). Aussi, ces familles de tests pourraient à terme permettre de se substituer / compléter les analyses des substances individuelles (qui pour certaines substances émergentes peuvent</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		<p>s'avérer très couteuses, voire peu maîtrisées / normées).</p> <p>> Inconvénients de ces tests: certains tests ne réagissent pas à la toxicité potentielle de certains contaminants (par exemple le test des Daphnies réagira à une toxicité animale mais pas à une toxicité plus spécifique au végétal telle que celle induite par certains herbicides)</p> <p>>> il convient donc de définir avec précaution quelle pour quelle cible (flore de l'écosystème / faune de l'écosystème / humaine) la toxicité est à évaluer et de sélectionner le test approprié. Le protocole de mise en œuvre doit en toute rigueur être établi par une entité ayant expertise en la matière (société</p>							

Thématique	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau du flacon	Volume minimal	Espace de tête	Réactif	Délai maximal de conservation	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		spécialisées, universitaires,...)							

• **Références**

¹ Systèmes communs de traitement des eaux et gaz résiduaires dans l'industrie chimique Février 2003: sections 2.2.1.2.1 et 4.2

² Systèmes communs de traitement des eaux et gaz résiduaires dans l'industrie chimique Février 2003: section 4.3.1 "eaux usées", sous-section "déversement des eaux usées dans les eaux de surface"

³ BREF Projet de traduction - Prévention et réduction intégrées de la pollution document de référence sur les meilleures techniques disponibles en ce qui concerne les industries de traitement des déchets (août 2006). Section 6 "analyse en ligne"

⁴ Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09. Section 3.2 "conditions générales de prélèvement".

⁵ Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09. Section 3.4 "prélèvement en continu sur 24h à température contrôlée".

⁶ Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09. Section 3.5 "échantillon".

⁷ Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09. Section 3.6 "blancs de prélèvement".

⁸ Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09. Section 4 "analyses".

⁹ Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09. Annexe 5.3 "INFORMATIONS DEMANDEES PAR PRELEVEMENT, PAR PARAMETRE ET PAR FRACTION ANALYSEE RESTITUTION AU FORMAT SANDRE"

¹⁰ Annexe 5 de la circulaire RSDE du 05/01/09. Général section 3 et section 3.1

¹¹ Assurance qualité pour les prélèvements dans les milieux aquatiques en vue d'analyses physico-chimiques: état des lieux 2008. BRGM. Section 5.1.1

¹² AQUAREF 2008 Comparabilité des pratiques de prélèvements Exercice d'inter comparaison sur les opérations de prélèvements ponctuels. Section 3, tableau de recommandations.

¹³ AQUAREF Fiche M02 2008 APPLICATION DE LA SPMD POUR LA QUANTIFICATION DES CONTAMINANTS ORGANIQUES HYDROPHOBES DISSOUS DANS L'EAU

¹⁴ CEMAGREF / AQUAREF. Séminaire échantillonneurs passifs et méthodes alternatives de prélèvement. 6 février 2008

¹⁵ TMS n°3 2010 L'utilisation des échantillonneurs passifs. Une nouvelle méthode pour évaluer la contamination chimique des masses d'eau.

¹⁶ Recommandations section 4.2 et 4.3 du document INERIS. 2008. Impact des opérations de prélèvements (prélèvements sur les cours d'eau) sur la variabilité des résultats d'analyse. Essai national sur site du 26/06/2007. Réf. DRC-07-86076-16167B

¹⁷ Recommandations section 4.1 du document INERIS. 2008. Impact des opérations de prélèvements (prélèvements sur les cours d'eau) sur la variabilité des résultats d'analyse. Essai national sur site du 26/06/2007. Réf. DRC-07-86076-16167B

¹⁸ Recommandations section 4.4 du document INERIS. 2008. Impact des opérations de prélèvements (prélèvements sur les cours d'eau) sur la variabilité des résultats d'analyse. Essai national sur site du 26/06/2007. Réf. DRC-07-86076-16167B

¹⁹ Recommandations section 6.1.2 du document INERIS. 2008. Impact des opérations de prélèvements (prélèvements sur les cours d'eau) sur la variabilité des résultats d'analyse. Essai national sur site du 26/06/2007. Réf. DRC-07-86076-16167B

²⁰ Recommandations section 6.1.3 du document INERIS. 2008. Impact des opérations de prélèvements (prélèvements sur les cours d'eau) sur la variabilité des résultats d'analyse. Essai national sur site du 26/06/2007. Réf. DRC-07-86076-16167B

²¹ Environnement et technique n°291 Novembre 2009

GOURLAY-FRANCÉ C et GONZALEZ J.-L. L'utilisation des échantillonneurs passifs - Une nouvelle méthode pour évaluer la contamination chimique des masses d'eau [Article] // Techniques Science et Méthodes. - 2010. - 3.

NF EN ISO 5667-3 Qualité de l'eau - Échantillonnage // Partie 3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau. - 2004.

- **MODALITES DE PRELEVEMENTS PAR SUBSTANCES**

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Substances organiques										
	Général COHV / solvants chlorés	AQUAREF 2008 Comparabilité des techniques de prélèvement ⁴	> Remplir les flacons à ras bord dans le cas où le laboratoire réaliserait une prise d'essai dans le flacon confectionné; > Remplir les flacons au 2/3 dans le cas où ces flacons s'adapteraient directement sur le passeur d'analyse (non-ouverture du flacon pour transvasement avant analyse - systèmes "head-space"); > Dans tous les cas se concerter avec le							

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			laboratoire d'analyse quant aux modalités de prélèvement appropriées en fonction des paramètres à analyser et du type de flaconnage fourni par le laboratoire de la part du laboratoire analytique.							
	Général COHV / solvants chlorés	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Remplir complètement les fioles "headspace" pour chasser l'air.	> Verre, fioles "headspace" avec bouchons PTFE.	250 ml (ou 100ml pour analyse par "headspace dynamique")	> Acidifier à pH entre 1 et 2 avec HCl (ou H ₂ SO ₄ pour "headspace dynamique"). > Pour la technique d'injection "headspace dynamique", si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ;		24h max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
						5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.				
	Général COHV / solvants chlorés	INERIS 2008 Impact des opérations de prélèvement... ⁷	> Eviter le barbotage / dégazage; > Remplir le flacon complètement (flacon en verre muni de bouchon en verre rodé) ou remplir le flacon jusqu'au repère dans le cas des flacons directement adaptables au système analytique ("headspace")	> Flacon en verre muni de bouchon en verre rodé de 250ml préalablement calciné ou flacon en verre muni d'un septum revêtu de PTFE de 30 à 40ml		> Ajout de thiosulfate de sodium si suspicion de réaction entre les halogènes libres et les matières organiques présentes			> Réfrigération à 4 ± 2°C à l'abri de la lumière	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
1	1,2-Dichloroéthane	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner); > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement; > Ne pas remplir les échantillons au dessus de la marque sur 	<ul style="list-style-type: none"> > Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé; > Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium; > Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500 °C). 		<ul style="list-style-type: none"> > Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O); > Après le prélèvement ajuster à une valeur de pH comprise entre 1 et 2 avec de l'acide sulfurique. 	<ul style="list-style-type: none"> > Transporter les échantillons à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H. 	<ul style="list-style-type: none"> > Analyse sous 24h recommandée, sinon conserver l'extrait de solvant dans un flacon hermétiquement fermé à une température d'environ 4 °C, durant un mois au maximum. 	<ul style="list-style-type: none"> > 5 ± 3°C 	<ul style="list-style-type: none"> > Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête; > Si les fioles sont les flacons d'analyse (exemple fiole "head space"), prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter; > Lors du prélèvement, éviter trop de turbulences car elles peuvent

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			les fioles de type "headspace".							occasionner des pertes de la substance à échantillonner, par dégazage.
1	1,2-Dichloroethane	(INERIS, 2011)	> Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau ; > prélever au moins deux échantillons.	> Prélèvement en flacon scellé ; > L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé.			> Lors du transport, éviter les brusques variations de température ; > L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus dans l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse.			
2	2,4,6-Trichlorophénol	(INERIS, 2011)	> Le flacon est rincé avec l'eau à prélever puis rempli à ras bord.	> L'emploi de flacon en verre ou en acier inoxydable est fortement conseillé ; > Pour éviter les risques d'adsorption, l'utilisation de matière plastique		> En présence d'halogènes libres (par exemple chlore résiduel en fin de chaîne de traitement), il convient d'ajouter quelques	> Les échantillons doivent être conservés à l'abri de la lumière et à 4 °C. L'extraction doit ensuite être effectuée dans les 48 heures suivant le prélèvement.			

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
				est à proscrire.		cristaux de thiosulfate de sodium pentahydraté ou 0,1 ml d'une solution de thiosulfate à 10 % en masse (m/m) pour 125 ml d'échantillon ; > Pour tout autre composé susceptible d'interférer, il est conseillé de ne pas ajouter d'autre agent de conservation.				
2	Général HAP	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	500 ml	> Extraire sur site si réalisable. Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le		7 jours max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
						réceptif avant le prélèvement.				
3	HAP Anthracène	(INERIS, 2011)	> Pour les eaux du robinet, il convient de laisser couler l'eau quelques minutes avant de remplir le flacon ; > Pour les eaux de surface, le flacon doit être immergé dans la masse d'eau et rempli en évitant de prélever la couche d'eau superficielle.	> Flacons en verre brun munis de bouchons en téflon.	0,5 ou 1 L	> Pour les échantillons d'eau chlorée, du thiosulfate doit être ajouté au moment du prélèvement.	> Les échantillons sont transportés et/ou stockés à environ + 4°C et à l'abri de la lumière ; > L'extraction doit être effectuée dans les 24 heures suivant le prélèvement. Si tel n'est pas le cas, il est conseillé d'ajouter le solvant d'extraction directement dans la bouteille de prélèvement et d'agiter les deux phases. Ce prétraitement permet d'allonger la durée de stockage avant extraction de 72 heures.			

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
3	HAP Anthracène	(AQUAREF)	<p>> Utiliser un système de prélèvement en inox ou en verre brun ;</p> <p>> Si des parties en matériau plastique sont inévitables dans le système de prélèvement, rincer le système avec au moins 3 fois le volume de l'échantillon ;</p> <p>> Dans tous les cas, s'assurer de l'absence de phénomènes d'adsorption et de désorption du système de prélèvement (blanc du système de prélèvement).</p> <p>>> Remplir le</p>	<p>> Flacons en verre brun non pelliculé prétraités (calcination, rinçage solvant) ;</p> <p>> Bouchons préalablement lavés contenant capsule en polymères fluorés ou feuille de papier aluminium.</p>		<p>> Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette-test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/L), ajouter avant le prélèvement 80 mg de Na₂S₂O₃, 5H₂O pour 1 000 ml d'échantillon dans le récipient.</p>	<p>> Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C pour début d'analyse sous un délai de 24 H ;</p> <p>> Réception par le laboratoire dans les 24 H au plus tard.</p>	<p>> Cas 1 : Si extraction réalisable sous 24 H : aucun prétraitement au solvant ;</p> <p>> Cas 2 : Si extraction non réalisable sous 24 H : ajout de solvant (si non réalisé sur le site) et réaliser l'extraction dans les 72 H.</p>	<p>> Stockage à 4 ± 2°C à l'abri de la lumière.</p>	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			flacon jusqu'à l'épaulement.							
4	HAP Fluoranthène	(INERIS, 2011)	<p>> Pour les eaux du robinet, il convient de laisser couler l'eau quelques minutes avant de remplir le flacon ;</p> <p>> Pour les eaux de surface, le flacon doit être immergé dans la masse d'eau et rempli en évitant de prélever la couche d'eau superficielle.</p>	> Flacons en verre brun munis de bouchons en téflon.	0,5 ou 1 L	<p>> Pour les échantillons d'eau chlorée, du thiosulfate doit être ajouté au moment du prélèvement. Si l'extraction n'est pas réalisée dans les 24h suivant le prélèvement, il est conseillé d'ajouter le solvant d'extraction directement dans la bouteille de prélèvement et d'agiter les deux phases.</p>	> Les échantillons doivent être transportés et/ou stockés à environ +4 °C et à l'abri de la lumière. L'extraction doit être effectuée dans les 24 heures suivant le prélèvement.			

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
						Ce prétraitement permet d'allonger la durée de stockage avant extraction à 72 heures.				
4	HAP Fluoranthène	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Système de prélèvement en inox ou en verre brun ; > Si des parties en matériau plastique sont inévitables dans le système de prélèvement, rincer le système avec au moins 3 fois le volume de l'échantillon ; > Dans tous les cas, S'assurer de l'absence de phénomènes 	<ul style="list-style-type: none"> > Flacons en verre brun non pelliculé prétraités (calcination, rinçage solvant) ; > Bouchons préalablement lavés contenant capsule en polymères fluorés ou feuille de papier aluminium. 		<ul style="list-style-type: none"> > Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette-test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/L), ajouter avant le prélèvement 80 mg de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (NF EN ISO 5667-3 : 2003) pour 1 000 ml d'échantillon dans le récipient. 	<ul style="list-style-type: none"> > Transporter dans une enceinte réfrigérée à $5 \pm 3^\circ\text{C}$ pour début d'analyse sous un délai de 24 H ; > Réception par le laboratoire dans les 24 H au plus tard. 	<ul style="list-style-type: none"> > Cas 1 : Si extraction réalisable sous 24 H : aucun ajout de solvant ; > Cas 2 : Si extraction non réalisable sous 24 H : ajouter du solvant et réaliser l'extraction dans les 72 H. 	<ul style="list-style-type: none"> > Stockage à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ à l'abri de la lumière. 	<ul style="list-style-type: none"> > Surveillance des Matières En Suspension (MES) avant échantillonnage.

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			d'adsorption et de désorption du système de prélèvement (blanc du système de prélèvement). > Remplir le flacon jusqu'à l'épaulement.							
5	HAP Naphtalène	(INERIS, 2011)		> Flacon en verre ; > Au moment du prélèvement, le flacon doit être bien rincé avec l'eau à analyser ; > L'emploi de flacon en verre ambré est fortement conseillé pour éviter toute dégradation due à la lumière.			> Lors du transport, les brusques variations de température sont à éviter.	> L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) jusqu'à l'analyse.		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
5	HAP Naphtalène	(AQUAREF)	<p>> Système de prélèvement en inox ou en verre brun ;</p> <p>> Si des parties en matériau plastique sont inévitables dans le système de prélèvement, rincer le système avec au moins 3 fois le volume de l'échantillon ;</p> <p>> Dans tous les cas, s'assurer de l'absence de phénomènes d'adsorption et de désorption du système de prélèvement (blanc du système de prélèvement) ;</p> <p>> A cause de sa volatilité,</p>	<p>> Flacons scellés et ambrés fortement conseillé ou flacons en verre brun non pelliculés prétraités (calcination, rinçage solvant) ;</p> <p>> Bouchons préalablement lavés contenant capsule en polymères fluorés ou feuille de papier aluminium.</p>		<p>> Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/L), ajouter avant le prélèvement 80 mg de Na₂S₂O₃, 5H₂O (NF EN ISO 5667-3 : 2003) pour 1 000 ml d'échantillon dans le récipient.</p>	<p>> Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C pour début d'analyse sous un délai de 24 H</p> <p>Réception par le laboratoire dans les 24 H au plus tard.</p>	<p>> Cas 1 : Si extraction réalisable sous 24 H: aucun ajout de solvant ;</p> <p>> Cas 2 : Si extraction non réalisable sous 24 H : ajouter du solvant et réaliser l'extraction dans les 72 H.</p>	<p>> Stockage à 4 ± 2°C à l'abri de la lumière.</p>	<p>> Surveillance des MES avant échantillonnage.</p>

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			prévoir au moins 2 échantillons pour 1 prélèvement.							
6	Atrazine	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon. > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement. La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
6	Atrazine	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire ; > Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ; > Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer 	<ul style="list-style-type: none"> > Flacons de 1 L en verre brun ou en verre transparent protégé par une feuille d'aluminium, non pelliculés et prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchon à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés. 		<ul style="list-style-type: none"> > Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement ; > Après le prélèvement ajuster à une valeur de pH comprise entre 6 et 9 avec de l'acide minéral (ex : acide chlorhydrique, acide phosphorique..) à 1 mol/L ou de 	<ul style="list-style-type: none"> > Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H. 	<ul style="list-style-type: none"> > Extraire dans les 48 H suivant le prélèvement; > Les extraits de solvants obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés à 4 ± 2°C pendant 5 jours. 	<ul style="list-style-type: none"> > Réfrigérer à 4 ± 2°C. 	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.			l'hydroxyde de sodium à 1 mol/L (le volume de réactif ajouté doit être négligeable par rapport au volume prélevé).				
7	Benzène	(INERIS, 2011)	> Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau ; > Prélever au moins deux échantillons par acte de prélèvement ponctuel.	> L'emploi de flacon scellé et ambré type "pénicilline" est fortement conseillé.			> Lors du transport, éviter les brusques variations de température ; > L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus dans l'obscurité, dans une enceinte froide (4 °C) jusqu'à l'analyse.			
7	Benzène	(AQUAREF)	> Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc....) pour le	> Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou		> Pour neutraliser les gaz dissous dans la méthode d'analyse par "headspace", ajouter 7 à 8 g	> Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la	> Les échantillons doivent être extraits dans les 48 H après le prélèvement. Les extraits	> Les échantillons doivent être conservés à 3 ± 2°C.	> Si les fioles sont les flacons d'analyse, relever 2 échantillons, l'un étant conservé en

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			remplissage des flacons ; > Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête ; > Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ; > Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement	d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé ; > Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8H à 500 °C).		de carbonate de potassium pour 5 ml d'échantillon d'eau.	lumière, sous un délai de 24 H.	peuvent être conservés plus longtemps.		cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage . Remplir jusqu'au repère ; > Lors du prélèvement , éviter trop de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes de la substance à échantillonner, par dégazage.

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			nt pour le prélèvement ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.							
8	Ethylbenzène	(INERIS, 2011)	> Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons.	> Prélèvement en flacon scellé : L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est fortement conseillé.			>Lors du transport, éviter les brusques variations de température ; >L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus dans l'obscurité, dans une enceinte réfrigérée (typiquement 4 °C) jusqu'à l'analyse.			
9	Chlorobenzène	(INERIS, 2011)	> Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à	> Prélèvement en flacon scellé ; > L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est			> Lors du transport, éviter les brusques variations de température ; > L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4 °C) jusqu'à			

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			analyser et prélever au moins deux échantillons.	fortement conseillé.			l'analyse.			
10	Pentachlorobenzène	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire, les remplir entre 80% et 90% de leur capacité ; > Ne rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever qu'après vérification par des essais qu'aucune perte par adsorption ne peut se produire lors de cette étape ; > Utiliser un 	<ul style="list-style-type: none"> > Flacons compris entre 1 L et 5 L en verre brun non pelliculés prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchons à vis avec membrane en aluminium ou en polymères fluorés. 		<ul style="list-style-type: none"> > Vérifier la valeur du pH et la corriger juste après le prélèvement à une valeur comprise entre 5 et 7,5 si nécessaire ; > Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le 	<ul style="list-style-type: none"> > Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H. 	<ul style="list-style-type: none"> > Extraire dès que possible (de préférence dans les 24 h après le prélèvement) ; > Ne pas placer les échantillons à proximité de solutions de pesticides organochlorés concentrées ; > Les extraits de solvants séchés, obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés entre 3 ± 2°C pendant 5 jours. 	<ul style="list-style-type: none"> > Surveillance des MES avant échantillonnage. 	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ; > Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le prélèvement ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement et tout matériel intermédiaire éventuel avec			prélèvement.				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			l'eau du lieu de prélèvement.							
11	Hexachlorobenzène	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon. Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
11	Hexachlorobenzène	(INERIS, 2011)	> Les prélèvements sont réalisés de manière extemporanée ou à l'aide d'un préleveur	> Flacons en verre ambré dont le bouchon est muni d'un joint en TEFLON® ; > Ces flacons doivent être		> Lorsque la présence de chlore libre est suspectée, il faut procéder à la stabilisation		> Les échantillons doivent être engagés en analyse rapidement après le	> Conservation au froid à + 4 °C maximum.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			séquentiel.	nettoyés selon un protocole propre à éliminer toute trace de composés organiques avant de réaliser les prélèvements.		du prélèvement en ajoutant 0,008 % de thiosulfate de sodium à chaque flacon.		prélèvement.		
11	Hexachlorobenzène	(AQUAREF)	<p>> Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire, les remplir entre 80% et 90% de leur capacité ;</p> <p>> Ne rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever qu'après vérification par des essais qu'aucune perte par adsorption ne peut se produire lors</p>	<p>> Flacons compris entre 1 L et 5 L en verre brun non pelliculés prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchons à vis avec membrane en aluminium ou en polymères fluorés.</p>		<p>> Vérifier la valeur du pH et la corriger juste après le prélèvement à une valeur comprise entre 5 et 7,5 si nécessaire ;</p> <p>> Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le</p>	<p>> Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.</p>	<p>> Les échantillons doivent être extraits dans les 24 H qui suivent le prélèvement, ils doivent être conservés à 3 ± 2 °C ;</p> <p>> Ne pas placer les échantillons à proximité de solutions de pesticides organochlorés concentrés ;</p> <p>> Les extraits de solvants séchés, obtenus à partir des</p>	<p>> Conservation à 3 ± 2 °C.</p>	<p>> Surveillance des MES avant échantillonnage.</p>

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			de cette étape ; > Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement et tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.			réceptif avant le prélèvement.		échantillons, peuvent être conservés à 3 ± 2 °C pendant 5 jours.		
12	Isopropylbenzène	Information SGS	> Idem Benzène et autres BTEX	> Idem Benzène et autres BTEX	> Idem Benzène et autres	> Idem Benzène et autres BTEX	> Idem Benzène et autres	> Idem Benzène et autres BTEX	> Idem Benzène et autres	> Idem Benzène et autres

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
					BTEX		BTEX		BTEX	BTEX
13	Chloroforme	(AQUAREF)	<p>> Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête ;</p> <p>> Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ;</p> <p>> Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de</p>	<p>> Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé ;</p> <p>> Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium</p> <p>Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500 °C).</p>		<p>> Si la présence de chlore libre est suspecté (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement ;</p> <p>> Après le prélèvement ajuster à une valeur de pH comprise entre 1 et 2 avec de l'acide sulfurique.</p>	<p>> Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.</p>	<p>> Les échantillons doivent être extraits dans les 24 H après le prélèvement et doivent être conservés à 3 ± 2°C. Les extraits peuvent être conservés plus longtemps ;</p> <p>> Si l'analyse ne peut être effectuée immédiatement, conserver l'extrait de solvant dans un flacon hermétiquement fermé à une température d'environ 4 °C, durant un mois au</p>	<p>> Réfrigérer à 3 ± 2°C pour l'échantillon ;</p> <p>> Réfrigérer à 4 °C pour l'extrait de solvant.</p>	<p>> Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage. Remplir jusqu'au repère ;</p> <p>> Lors du prélèvement, éviter trop de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes de la substance à</p>

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.					maximum.		échantillonner, par dégazage.
14	Dichloromethane	(INERIS, 2011)	> Deux flacons doivent être réalisés pour un même échantillon.	> Prélèvement en flacon scellé est fortement conseillé: au moment du prélèvement, le flacon doit être rincé avec l'eau à analyser.			> Lors du transport, les brusques variations de température doivent être évitées. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4 ± 2°C) jusqu'à l'analyse.			
15	Diphenylethers polybromes	(AQUAREF)	> Ne pas rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever, les analytes peuvent adhérer ; > Système de prélèvement	> Flacons de 1 L en verre brun non pelliculés prétraités (calcination, rinçage solvant) avec membrane en aluminium ou en polymères fluorés ; > Flacons		> Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté	> Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C sous un délai de 24 H.			> Surveillance des MES avant échantillonnage.

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			en inox ou en verre ; > Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire.	calcinés 8 H à 500 °C ; > Tous les PBDE sont photodégradables : il convient de protéger le flacon des rayonnements UV/Visible, soit en flacon brun, soit en l'enveloppant dans une feuille d'aluminium.		(Na ₂ SO ₄ , 5H ₂ O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.				
16	Diuron	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement. La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
16	Diuron	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Remplir les flacons à ras bord destinés au laboratoire ; > Utiliser un dispositif en verre ou en acier inoxydable ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement > Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de 	Flacons de 1 L en verre brun non pelliculés et prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchons à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés			Transporter à $5 \pm 3^{\circ}\text{C}$, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H	Extraire dès que possible après le prélèvement	<ul style="list-style-type: none"> > Les échantillons peuvent être conservés à $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$, mais pour une durée inférieure à 7 jours. > Les extraits en solvants séchés, obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés entre à $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 2 mois maximum 	Surveillance des MES avant échantillonnage

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			flaconnage)							
17	Hexachlorocyclohexane $\alpha\beta\gamma$	Information SGS		Flacon verre	1L					
18	Isoproturon	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon. Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE	1 à 3 L	Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement. La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours	Réfrigérer entre 1°C et 5°C	
18	Isoproturon	(AQUAREF)	> Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoirs, louches etc...) pour le remplissage des flacons > Remplir les flacons à ras	> Flacons de 1 L en verre brun non pelliculés et prétraités (calcinés 8 H à 500 °C), bouchon à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés.			> Transporter à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.	> Extraire dès que possible après le prélèvement ; > Les échantillons peuvent être conservés à 4 ± 2°C, mais pour une	> Conserver entre à 4 ± 2°C.	> Surveillance des MES avant échantillonnage.

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			<p>bord</p> <p>> Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable</p> <p>> Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement ;</p> <p>> Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).</p>					<p>durée inférieure à 7 jours;</p> <p>> Les extraits en solvants séchés, obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés entre à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 2 mois maximum.</p>		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
19	Nonylphenols	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Ne pas rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever les analytes peuvent adhérer; > Système de prélèvement en inox ou en verre; > Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en oeuvre (blanc de flaconnage); > Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire. 	<ul style="list-style-type: none"> > Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage à l'acétone) > Bouchons en verre ou bouchon en plastique contenant une capsule en polymère fluoré (rinçage acétone) ou une feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8H) > Bannir bouchons et flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non relargage de composés 	1 L	<ul style="list-style-type: none"> > Acidifier à pH=2 en ajoutant de l'acide chlorhydrique; > Si la présence de chlore libre est suspecté (test avec bandelette chlore sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement 	<ul style="list-style-type: none"> > Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C sous un délai de 24 H 	<ul style="list-style-type: none"> > Analyse à réaliser dans les 2 semaines maximum après prélèvement 	<ul style="list-style-type: none"> > Stockage à 4 ± 2°C à l'abri de la lumière 	<ul style="list-style-type: none"> > Déterminer le taux de matières en suspension préalablement au prélèvement
		Information SGS		> Verre blanc		Acidifier avec du H ₂ SO ₄				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
20	Octylphenols	(AQUAREF)	<p>> Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire ;</p> <p>> Ne pas rincer le matériel de prélèvement et les flacons avec l'eau à prélever, les analytes peuvent adhérer ;</p> <p>> Système de prélèvement en inox ou en verre ;</p> <p>> Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).</p>	<p>> Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage à l'acétone) ;</p> <p>> Bouchons en verre ou bouchon en plastique contenant une capsule en polymères fluorés prétraitée (rinçage acétone) ou une feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8H) ;</p> <p>> Bannir bouchons et flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non relargage de composés.</p>		<p>> Acidifier à pH=2 en ajoutant de l'acide chlorhydrique ;</p> <p>> Si la présence de chlore libre est suspecté, ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.</p>	<p>> Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C sous un délai de 24 H.</p>	<p>> Analyse à réaliser dans les 2 semaines maximum après prélèvement.</p>	<p>> Stockage à 4 ± 2°C à l'abri de la lumière.</p>	
		Information SGS		> Verre blanc	1 L	Acidifier avec du H ₂ SO ₄				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
21	o,m,p,-Xylenes	(INERIS, 2011)	> prélever au moins deux échantillons.	> Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser; > L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est fortement conseillé.			> Lors du transport, éviter les brusques variations de température.	> L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais, les échantillons maintenus dans l'obscurité, dans une enceinte à 4 °C jusqu'à l'analyse.		
22	PCB-153	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 L	> Extraire sur site si réalisable. Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		7 jours max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
22	PCB-153	(INERIS, 2011)	Les prélèvements sont réalisés de manière extemporanée ou à l'aide d'un préleveur séquentiel.	> Les échantillons sont conditionnés dans des flacons en verre ambré dont le bouchon est muni d'un joint en TEFLON ; > Ces flacons doivent être nettoyés selon un protocole propre à éliminer toute trace de composés organiques avant de réaliser les prélèvements.		> Lorsque la présence de chlore libre est suspectée, procéder à la stabilisation du prélèvement en ajoutant 0,008 % de thiosulfate de sodium à chaque flacon.		> Les échantillons doivent être engagés en analyse rapidement après le prélèvement.	> Conserver ensuite au froid à + 4° C maximum.	
23	Pentachlorophenol	(INERIS, 2011)	> Le flacon doit être rempli à ras bord.	> Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons ambrés serties préalablement rincés avec l'eau à échantillonner ; > L'emploi de flacon en verre ou en acier inoxydable est fortement		> En présence d'halogènes libres, ajouter quelques cristaux de thiosulfate pentahydraté, ou 0,1 ml d'une solution de thiosulfate à 10 % (m/m) pour 125 ml d'échantillon ; > Pour tout	> Il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon	> L'échantillon doit être extrait de préférence dans les deux jours suivant le prélèvement (risques de dégradation).	> il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse ;	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
				conseillé.		autre composé susceptible d'interférer, il est conseillé de ne pas ajouter d'autre agent de conservation.	on avant analyse.		> Les brusques variations de température doivent être évitées. Les échantillons doivent être transportés et maintenus à 4°C à l'obscurité jusqu'à l'analyse.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
	Pentachlorophenol	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoir, louche, etc...) pour le remplissage des flacons ; > Remplir le flacon au ras bord ; > Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastique peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ; > Le matériel de prélèvement est conditionné et nettoyé soigneusement pour le 	<ul style="list-style-type: none"> > Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage au solvant) ; > Bouchons en verre ou bouchons en plastique contenant une capsule en polymères fluorés prétraitée (rinçage acétone) ou une feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8 H) ; > Bannir bouchons et flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non-relargage de composés. 		<ul style="list-style-type: none"> > Si l'eau à examiner a subi une chloration (bandelette-test chlore avec une sensibilité de 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de Na₂S₂O₃, 5H₂O (NF EN ISO 5667-3 :2003) pour 1000 ml d'échantillon dans le récipient avant prélèvement. 	<ul style="list-style-type: none"> > Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3 °C sous un délai de 24 H. 		<ul style="list-style-type: none"> > Stockage à 4 ± 2 °C à l'abri de la lumière (Si l'échantillon est analysé dans les 24H, le refroidissement suffit comme conservation). 	<ul style="list-style-type: none"> > Surveillance des MES avant échantillonnage.

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			prélèvement ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement (afin d'éviter les contaminations croisées) ; > Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).							

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
24	Simazine	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
24	Simazine	(AQUAREF)	> Ne pas remplir complètement les flacons destinés au laboratoire ; > Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ; > Si un autre prélèvement	> Flacons de 1 L en verre brun ou en verre transparent protégé par une feuille d'aluminium, non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500 °C), bouchon à vis avec membrane en aluminium ou en polymères perfluorés ; > Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le		> Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na ₂ SO ₄ , 5H ₂ O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement ; > Après le prélèvement	> Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.	> Les extraits de solvants obtenus à partir des échantillons, peuvent être conservés à 4 ± 2°C pendant 5 jours.	> Conservation à 4 ± 2°C.	> Surveillance des MES avant échantillonnage.

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.	flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).		ajuster à une valeur de pH comprise entre 6 et 9 avec de l'acide chlorhydrique ou de l'hydroxyde de sodium.				
25	Tetrachloroethylene	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête ; > Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner 	<ul style="list-style-type: none"> > Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé ; > Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de 		<ul style="list-style-type: none"> > Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement. 	<ul style="list-style-type: none"> > Transporter les échantillons à 5±3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 h. 	<ul style="list-style-type: none"> > Les échantillons peuvent être conservés à 3 ± 2°C, à l'obscurité pendant 24H soit directement dans les fioles d'échantillonnage, soit directement dans les flacons ; > Si cette analyse ne peut être effectuée 	<ul style="list-style-type: none"> > Conservation à 3 ± 2°C. 	<ul style="list-style-type: none"> > Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage. Remplir jusqu'au

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			une perte de substance à échantillonner) ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.	polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium ; > Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8H à 500 °C).				immédiatement, conserver l'extrait de solvant dans un flacon hermétiquement fermé à une température de $3 \pm 2^\circ\text{C}$, durant un mois au maximum.		repère ; > Lors du prélèvement, éviter les turbulences car elles peuvent occasionner des pertes de la substance à échantillonner, par dégazage.
25	Tetrachloroethylene	(INERIS, 2011)	> Au moment du prélèvement, le flacon doit être rincé avec l'eau à analyser. Deux flacons doivent être réalisés pour un même échantillon.	> L'emploi de flacon scellé est fortement conseillé.			> Lors du transport, les brusques variations de température doivent être évitées.	> L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) jusqu'à l'analyse.		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
26	Tetrachlorure de carbone	(AQUAREF)	<p>> Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête ;</p> <p>> Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner) ;</p> <p>> Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout</p>	<p>> Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé ;</p> <p>> Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille d'aluminium ;</p> <p>> Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8h à 500 °C).</p>		<p>> Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na₂SO₄, 5H₂O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement ;</p> <p>> Après le prélèvement ajuster à une valeur de pH comprise entre 1 et 2 avec de l'acide sulfurique.</p>	<p>> Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.</p>	<p>> Les échantillons peuvent être conservés à 3 ± 2°C, à l'obscurité pendant 24H soit directement dans les fioles d'échantillonnage, soit directement dans les flacons ;</p> <p>> Si cette analyse ne peut être effectuée immédiatement, conserver l'extrait de solvant dans un flacon hermétiquement fermé à une température de 3 ± 2°C, durant un mois au maximum.</p>	<p>> Conservation à 3 ± 2°C.</p> <p>> Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage.</p> <p>Remplir jusqu'au repère ;</p> <p>> Lors du prélèvement, éviter trop de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes de la substance à échantillonner.</p>	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.							er, par dégazage.
	Tetrachlorure de carbone	(INERIS, 2011)	> Au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons.	> L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé.			> Lors du transport, éviter les brusques variations de température.	> L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais, et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4°C) jusqu'à l'analyse.		
27	Toluene	(INERIS, 2011)	> Prélever au moins deux échantillons.	> L'emploi de flacon scellé et ambré type pénicilline est fortement conseillé ; > Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le			> Lors du transport, éviter les brusques variations de température.	> L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4 °C) jusqu'à l'analyse.		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
				flacon avec l'eau à analyser.						
28	Biphenyle	Information SGS		Flacon verre blanc	1 L	acidifié H2 SO 4				
29	Tributylphosphate	Information SGS		Flacon verre blanc	1 L	acidifié H2 SO 4				
30	Trichloréthylène	(AQUAREF)	<p>> Les flacons doivent être remplis jusqu'au débordement et sont bouchés en évitant de laisser un espace de tête ;</p> <p>> Utiliser un dispositif en verre et en acier inoxydable (les matériaux en plastiques peuvent occasionner une perte de substance à échantillonner</p>	<p>> Fioles d'échantillonnage à système de couvercle serti, avec septum revêtu de polymère perfluoré ou d'aluminium et bouchon adapté au système de dosage automatique d'espace de tête utilisé ;</p> <p>> Flacons en verre brun avec bouchon étanche ou bouchon revêtu de polymère perfluoré ou d'une feuille</p>		<p>> Si la présence de chlore libre est suspectée (bandelette-test de sensibilité 0,5 mg/L), ajouter 80 mg de thiosulfate de sodium pentahydraté (Na2SO4, 5H2O) pour 1 L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.</p>	<p>> Transporter les échantillons à 5 ± 3°C, à l'abri de la lumière, sous un délai de 24 H.</p>	<p>> Les échantillons peuvent être conservés à 4 ± 2°C, à l'obscurité, soit directement dans les fioles d'échantillonnage, soit directement dans les flacons ;</p> <p>> L'échantillon doit être extrait de préférence dans les 24 H et au maximum dans les 5 jours suivant le prélèvement.</p>	<p>> Si les fioles sont les flacons d'analyse, prélever 2 échantillons, l'un étant conservé en cas d'analyse à répéter. Le laboratoire y aura apposé préalablement un repère de remplissage. Remplir jusqu'au repère ;</p> <p>> Lors du prélèvement, éviter trop</p>	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
) ; > Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement.	d'aluminium ; > Les flacons doivent être non pelliculés et prétraités (calcinés 8H à 500 °C).						de turbulences car elles peuvent occasionner des pertes de la substance à échantillonner, par dégazage.
30	Trichloréthylène	(INERIS, 2011)	> Prélever au moins deux échantillons.	> Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser ; > L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé.			> Lors du transport, éviter les brusques variations de température.	> L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4 °C) jusqu'à l'analyse.		
31	Monobutyletain cation	BREF - Incinération des déchets ¹								

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
31	Monobutyletain cation	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Verre.	500 ml			7 jours max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	> "il convient de réaliser l'extraction de l'échantillon sur site".
32	Dibutyletain cation	BREF - Incinération des déchets1								
32	Dibutyletain cation	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Verre.	500 ml			7 jours max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	> "il convient de réaliser l'extraction de l'échantillon sur site".
33	Tributyletain cation	BREF - Incinération des déchets1								
33	Tributyletain cation	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Verre.	500 ml			7 jours max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	> "il convient de réaliser l'extraction de l'échantillon sur site".

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
33	Tributyletain cation	(AQUAREF)	> Si un autre prélèvement est prévu dans la journée, rincer trois fois le matériel de prélèvement ou tout matériel intermédiaire éventuel avec l'eau du lieu de prélèvement (afin d'éviter les contaminations croisées) ; > Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).	> Flacons en verre brun prétraités (calcination, rinçage à l'acétone) ; > Bouchons en verre ou bouchons en plastique contenant une capsule en polymères fluorés prétraitée (rinçage acétone) ou une feuille de papier aluminium (calcinée à 450°C pendant 8H) ; > Bannir bouchons et flacons pigmentés colorés en l'absence de preuves de non-relargage de composés.			Transporter dans une enceinte réfrigérée à 5 ± 3°C sous un délai de 24 H	> Cas 1 : Si extraction réalisable sous 24 H aucun prétraitement au solvant. > Cas 2 : Si extraction non réalisable sous 24 H ajouter du solvant et réaliser l'extraction dans les 72 H. > Analyse à réaliser dans les 7 jours après le prélèvement. Analyser rapidement : perte de stabilité des échantillons en 4 jours.	> Stockage à 4 ± 2 °C à l'abri de la lumière	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Composés minéraux										
	General - métaux	BREF - Incinération des déchets ¹								
		BREF industrie du traitement des déchets ²								
	General - composés de métaux lourds (sauf mercure)	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre brun.	500 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HNO ₃ .		1 mois.		
1	Arsenic	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre lavé à l'acide.	500 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HCl ou HNO ₃ .		1 mois max recommandé.		
1	Arsenic	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Flacons plastique ou verre préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée ; > Quand la technique des hydrures est employée pour l'analyse, il est préférable de prélever les échantillons dans des flacons préalablement		> Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
				lavés à l'acide chlorhydrique et rincés à l'eau déminéralisée.						
2	Arsenic - composes	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Flacons plastique ou verre préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée ; > Quand la technique des hydrures est employée pour l'analyse, il est préférable de prélever les échantillons dans des flacons préalablement lavés à l'acide chlorhydrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> Toutes les eaux étant susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques, il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				
3	Cadmium	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre brun lavé à	100 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec		1 mois max recommandé.		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
				l'acide.		HNO ₃ .				
3	Cadmium	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> Prendre des précautions en terme de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				
3	Cadmium	(AQUAREF)	> Rincer le matériel de prélèvement et les flacons trois fois avec l'eau à prélever ; > Bannir les matériaux pigmentés au contact direct de l'échantillon (matériaux non inertes) ; > Privilégier les matériaux en plastique (PEBD, PP) ou téflon	> Flacons en plastique (PEBD, PP) ou téflon (FEP, PFA) non pigmentés ; > Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon ; > Vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre ; > Un contrôle des flacons doit être réalisé (blanc de flaconnage) par		> Filtration obligatoire à 0,45 µm (à réaliser de préférence sur site si le personnel a suivi une formation adéquate ou à défaut, au laboratoire dans les 24 H suivant le prélèvement) ; > Si la filtration est effectuée sur site : stabilisation à	> Transport en glacière à 5±3°C dans les 24 H après le prélèvement.	> Les échantillons peuvent être conservés au minimum 1 mois à température ambiante après filtration et stabilisation.	> Température ambiante.	> Vérifier la dureté de l'eau avant prélèvement .

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			(FEP, PFA) ; > Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de flaconnage).	les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot.		l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée après filtration et transport à température ambiante ; > Si la filtration n'est pas effectuée sur site : Se conformer à la partie "Au laboratoire - Prétraitement"				
4	Cadmium composes	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> Prendre des précautions en terme de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				
5	Chrome	BREF - Incinération des déchets ¹								> des niveaux d'émissions de Cr total

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
										inférieurs à 0,2 mg/l assurent le contrôle du chrome VI.
5	Chrome	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre lavé à l'acide.	100 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HNO ₃ .		1 mois max recommandé.		
5	Chrome	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				
6	Chrome composés	BREF - Incinération des déchets ¹								> des niveaux d'émissions de Cr total inférieurs à 0,2 mg/l assurent le contrôle du chrome VI.

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
6	Chrome composes	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				
	Chrome VI	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre lavé à l'acide.	100 ml			24h max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
7	Cuivre	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre lavé à l'acide.	100 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HNO ₃ .		1 mois max recommandé.		
7	Cuivre	(INERIS, 2011)	> Remplir les flacons pour qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> flacons plastique ou verre borosilicaté préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> acidification à un pH < 2.				
8	Cuivre composes	(INERIS, 2011)	> Remplir les flacons pour qu'il n'y ait pas d'air au-	> flacons plastique ou verre borosilicaté préalablement		> acidification à un pH < 2.				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			dessus de l'échantillon.	lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.						
9	Mercure & composés	BREF - Incinération des déchets ¹				> Ne pas acidifier avec HCl.				> Il y a eu un certain nombre d'expériences positives sur le suivi en continu du Hg.
9	Mercure & composés	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Verre brun lavé à l'acide.	500 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HNO ₃ et rajouter K ₂ Cr ₂ O ₇ en concentration massique finale de 0.05%.		1 mois max recommandé.		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
9	Mercure & composés	(INERIS, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> > Limiter le nombre de matériaux au contact direct de l'échantillon (pas de contact intermédiaire entre l'effluent et le flacon) ; > Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon. 	<ul style="list-style-type: none"> > Flacons en verre borosilicaté, quartz, en polytétrafluoroéthylène (PTFE), en éthylène-propylène perfluoré (FEP), préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée afin d'éviter des réactions d'adsorption et de désorption sur les parois du récipient ; > Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon (PTFE) ou de PEHD et vérifier que le flaconnage ne contienne pas de mercure ou n'occasionne aucune perte de mercure par 		<ul style="list-style-type: none"> > Prendre des précautions en terme de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH<2 et par ajout d'un agent stabilisant (K₂Cr₂O₇, HNO₃). 				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
				adsorption ou diffusion ; > Un contrôle des flacons doit être réalisé (blanc de flaconnage) par les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot.						
9	Mercure & composés	(AQUAREF)	> Eviter l'utilisation de matériels intermédiaires (entonnoir, louches, etc....) pour le remplissage des flacons ; > Rincer le matériel de prélèvement et les flacons trois fois avec l'eau à prélever ; > Maintenir l'échantillon	> Flacons à col droit en verre borosilicaté, en quartz, en perfluoroalkoxy (PFA), en éthylène-propylène perfluoré (FEP) ; > Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon (PFA) ; > Vérifier que le flaconnage ne contienne pas de mercure ou		> Filtration obligatoire à 0,45 µm (à réaliser de préférence sur site si le personnel a suivi une formation adéquate ou à défaut, au laboratoire dans les 24 H suivant le prélèvement) ; > Si la filtration est effectuée sur	> Transport à température ambiante en cas de filtration sur site ; > Transport en glacière à 5±3°C dans les 24 H après le prélèvement	> Stabilisation à l'acide nitrique et au dichromate de potassium : Les échantillons peuvent être stockés à température ambiante pendant un mois ; > Stabilisation à l'acide	> Température ambiante.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			<p>au frais après le prélèvement ;</p> <p>> Bannir les matériaux pigmentés pour le système de prélèvement (matériaux non inertes) ;</p> <p>> Privilégier les matériaux en polysulfone (PSF), en tétrafluoroéthylène (FEP), en perfluoropropylène (PFP), en verre borosilicaté ou en quartz ;</p> <p>> Dans tous les cas, vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre (blanc de</p>	<p>n'occasionne aucune perte de mercure par adsorption ou diffusion ;</p> <p>> Un contrôle des flacons doit être réalisé (blanc de flaconnage) par les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot.</p>		<p>site : stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée et K₂Cr₂O₇ (concentration massique finale de 0,05%) après filtration ou stabilisation de préférence avec 15 mL d'acide chlorhydrique et 2 ml de bromure de potassium/bromate de potassium (50/50) (analyse en fluorescence atomique) après filtration ;</p> <p>> Si la filtration n'est pas effectuée sur site se conformer à la</p>	ent.	<p>chlorhydrique et au bromure de potassium / bromate de potassium : les échantillons peuvent être stockés à température ambiante mais analysés au plus tard 7 jours après le prélèvement.</p>		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			flaconnage).			partie "Au laboratoire - Prétraitement"				
10	Nickel & composes	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre brun lavé à l'acide.	100 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HNO ₃ .		1 mois max recommandé.		
10	Nickel & composes	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> flacons plastique ou verre borosilicate préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> Il convient de prendre des précautions en terme de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				
11	Plomb & composes	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre brun lavé à l'acide.	100 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HNO ₃ ; > Ne pas acidifier avec HCl ou H ₂ SO ₄ .		> 1 mois max recommandé.		
11	Plomb & composes	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait	> Flacons (plastique ou verre), préalablement lavés à l'acide		> il convient de prendre des précautions en terme de				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			pas d'air au-dessus de l'échantillon.	nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH <2).				
11	Plomb & composés	(AQUAREF)	<ul style="list-style-type: none"> > Rincer le matériel de prélèvement et les flacons trois fois avec l'eau à prélever ; > Bannir les matériaux pigmentés pour le système de prélèvement (matériaux non inertes) ; > Privilégier les matériaux en plastique (PEBD, PP) ou téflon (FEP, PFA). 	<ul style="list-style-type: none"> > Vérifier l'absence de polluants dans le flaconnage mis en œuvre ; > Un contrôle des flacons doit être réalisé (blanc de flaconnage) par les laboratoires d'analyse à chaque nouveau lot ; > Privilégier les bouchons équipés d'une capsule de téflon (PFA) ; > Bannir les matériaux pigmentés au contact direct de l'échantillon. 		<ul style="list-style-type: none"> > Filtration obligatoire à 0,45 µm (à réaliser de préférence sur site si le personnel a suivi une formation adéquate ou à défaut, au laboratoire dans les 24 H suivant le prélèvement) ; > Si la filtration est effectuée sur site : stabilisation à l'acide nitrique de qualité en rapport avec la LQ visée après filtration 	<ul style="list-style-type: none"> > Transport en glacière à 5±3°C dans les 24 H après le prélèvement. 	<ul style="list-style-type: none"> > Les échantillons peuvent être conservés au minimum 1 mois à température ambiante après filtration et stabilisation. 	<ul style="list-style-type: none"> > Température ambiante. 	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
						et transport à température ambiante ; > Si la filtration n'est pas effectuée sur site : se conformer à la partie "Au laboratoire - Prétraitement".				
12	Zinc	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		> Plastique ou verre brun lavé à l'acide.	100 ml	> Acidifier à pH 1 à 2 avec HNO ₃ .		1 mois max recommandé.		
12	Zinc	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Flacons plastique ou verre borosilicaté préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> Il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				
13	Zinc composés	(INERIS, 2011)	> Veiller à remplir les flacons de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon.	> Flacons plastique ou verre borosilicaté préalablement lavés à l'acide nitrique et rincés à l'eau déminéralisée.		> Il convient de prendre des précautions en termes de transport et de conservation de l'échantillon avant analyse (par acidification à un pH < 2).				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
Substances de la liste complémentaire										
1	Aclonifen	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
2	Bifenox	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
3	Cyanures	(NF EN ISO 5667-3, 2004)		>Plastique.	500 ml	> Ajouter NaOH jusqu'à pH>12 ; > Réfrigérer entre 1°C et 5°C ; > Ne pas		7 jours (ou 24h en présence de sulfures).		

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
						<u>acidifier.</u>				
3	Cyanures	(INERIS, 2011)	> Le prélèvement, effectué à l'aide d'un préleveur automatique réfrigéré, doit être réalisé en flacons en polyéthylène préalablement lavés à l'eau ou à l'eau du lieu de prélèvement.	>Le prélèvement, effectué à l'aide d'un préleveur automatique réfrigéré, doit être réalisé en flacons en polyéthylène préalablement lavés à l'eau ou à l'eau du lieu de prélèvement.		> Une fois le prélèvement réalisé, il est nécessaire d'ajouter de la soude afin d'obtenir un pH supérieur à 10.		> Les échantillons ainsi stabilisés (voir colonne "réactif" sont ensuite conservés à 4 ± 3°C.	> Les analyses sur échantillons stabilisés doivent être réalisées dans un délai inférieur à un mois après le prélèvement.	
4	Dichlofenac	Projet de recherche Amperes ⁶	> Prévoir 3 flaconnages en verre; > Remplir le flacon à 70%	Verre						
		<u>Provisoire</u> / Projet de norme relatif aux substances médicamenteuses... Commission T91M, document	> Verre brun rempli à ras bord	Verre brun		> Si la présence de chlore libre est suspectée, ajouter du thiosulfate de sodium				

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		n°561								
		Information SGS				> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.				
5	Dichlorvos	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
6	Dicofol	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ;	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.			1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.		
7	Dioxines	BREF - Incinération des déchets ¹								> Pour le suivi du paramètre PCDD / F (TEQ): moyenne de 6 mesures mensuelles réalisées à partir d'un prélèvement sur 24 heures proportionnel au débit.
8	17 β Estradiol	(AQUAREF)		Teflon ou verre ambré						
		Projet de recherche Amperes ⁶	> 2 à 3 flacons de prélèvement selon type d'eau : 2 flacons pour prélèvement d'eau résiduaire brute et 3	Verre ambré	2,5 L					

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			flacons pour les eaux traitées et points intermédiaires ; > Remplir le flacon à 80%							
		Provisoire / Projet de norme relatif aux substances médicamenteuses... Commission T91M, document n°561	> Verre brun rempli à raz bord	Verre brun		> Si la présence de chlore libre est suspectée, ajouter du thiosulfate de sodium (80mg/L)				
9	17 α Ethinylestradiol	Fiche Aquaref MA12		Teflon ou verre ambré						
		Projet de recherche Amperes ⁶	> 2 à 3 flacons de prélèvement selon type d'eau : 2 flacons pour prélèvement d'eau résiduaire brute et 3 flacons pour les eaux traitées et	Verre ambré	2,5 L					

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			points intermédiaires ; > Remplir le flacon à 80%							
		Provisoire / Projet de norme relatif aux substances médicamenteuses... Commission T91M, document n°561	> Verre brun rempli à ras bord;	> Verre brun		> Si la présence de chlore libre est suspectée, ajouter du thiosulfate de sodium (80mg/L)				
10	HBCDD	(COHIBA, 2011)		> Bouteilles PEHD					> Réfrigérer à 4°C	
11	Heptachlore	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
12	Ibuprofène	Projet de recherche	> Prévoir 3 flaconnages	Verre						

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
		Amperes ⁶	en verre; > Remplir le flacon à 70%							
		Provisoire / Projet de norme relatif aux substances médicamenteuses... Commission T91M, document n°561	> Verre brun rempli à ras bord; > Remplir à ras bord	Verre brun		> Si la présence de chlore libre est suspectée, ajouter du thiosulfate de sodium (80 mg/L)				
13	Irgarol	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
14	PCB	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ;	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 L	> Extraire sur site si réalisable. Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour		7 jours max recommandé.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			> Ne pas remplir complètement le récipient.			1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.				
	PCB	(INERIS, 2011)	> Les prélèvements sont réalisés de manière extemporanée ou à l'aide d'un préleveur séquentiel.	> Les échantillons sont conditionnés dans des flacons en verre ambré dont le bouchon est muni d'un joint en TEFLON ; > Ces flacons doivent être nettoyés selon un protocole propre à éliminer toute trace de composés organiques avant de réaliser les prélèvements.		> Lorsque la présence de chlore libre est suspectée, procéder à la stabilisation du prélèvement en ajoutant 0,008 % de thiosulfate de sodium à chaque flacon.		> Les échantillons doivent être engagés en analyse rapidement après le prélèvement.	> Conserver ensuite au froid à + 4° C maximum.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
15	PFOS & sels	(Atkinson, et al., Février 2008)	> Ne pas utiliser de plastiques fluorés (PTFE, Téflon,...) et de matériaux caoutchouteux dans les dispositifs de prélèvement.	> Bouteilles en PEHD > Ne pas utiliser de plastiques fluorés (PTFE, Téflon) et de matériaux caoutchouteux.	250 ml	> Lorsque la présence de chlore libre est suspectée, procéder à la stabilisation du prélèvement en ajoutant 4ml/L de thiosulfate de sodium (solution à 3%) à chaque flacon.		> L'extraction doit idéalement être effectuée dès que possible après échantillonnage;	> Si l'extraction ne peut pas être effectuée dans les délais les plus brefs, les échantillons doivent être conservés au réfrigérateur à une température inférieure à 10°C; > Une fois l'extraction effectuée, l'extrait peut être conservé 4 semaines dans un réfrigérateur anti déflagration pendant au moins 4 semaines.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
16	Quinoxyfene	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
17	Terbutryne	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas remplir complètement le récipient.	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le récipient avant le prélèvement.		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation de l'extrait est de 5 jours.	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	
18	Zeta cypermétrine	(NF EN ISO 5667-3, 2004)	> Ne pas pré-rincer le récipient avec l'échantillon, les analytes adhèrent à la paroi du flacon ; > Ne pas	> Verre lavé au solvant avec couvercle en PTFE.	1 à 3 L	> Si l'échantillon est chloré, rajouter 80 mg de (Na ₂ S ₂ O ₃ ; 5H ₂ O) pour 1L d'échantillon dans le		> Il convient de réaliser l'extraction dans les 24h suivant le prélèvement ; > La durée de conservation	> Réfrigérer entre 1°C et 5°C.	

N° Substance liste	Substance	Source d'information	Modalités de prélèvement	Matériau et préparation (éventuelle) du flacon	Volume type	Réactif	Modalités de transport	Délai de conservation préconisé	Température de conservation	Autres dispositions / commentaires
			remplir complètement le récipient.			récipient avant le prélèvement.		de l'extrait est de 5 jours.		

• **Références**

¹ BREF - incinération des déchets - tableau 5.4 : Niveaux d'émissions en exploitation associés aux MTD pour les rejets d'eaux de l'installation de traitement des effluents du laveur

² BREF Projet de traduction - Prévention et réduction intégrées de la pollution document de référence sur les meilleures techniques disponibles en ce qui concerne les industries de traitement des déchets (août 2006). Section 3.7 "surveillance" et section 4.7, tableau 4.78

³ Fiche AQUAREF MA12 Hormones estrogéniques Méthodes d'analyse dans l'eau - phase dissoute

⁴ AQUAREF 2008 Comparabilité des pratiques de prélèvements Exercice d'inter comparaison sur les opérations de prélèvements ponctuels. Section 3, tableau de recommandations.

⁵ AQUAREF Fiche M02 2008 APPLICATION DE LA SPMD POUR LA QUANTIFICATION DES CONTAMINANTS ORGANIQUES HYDROPHOBES DISSOUS DANS L'EAU

⁶ TSM n°4 2009 Prélèvement et échantillonnage des substances prioritaires et émergentes dans les eaux usées. Les prescriptions techniques du projet de recherche AMPERES

⁷ Section 6.1.2 du document INERIS. 2008. Impact des opérations de prélèvements (prélèvements sur les cours d'eau) sur la variabilité des résultats d'analyse. Essai national sur site du 26/06/2007. Ref. DRC-07-86076-16167B

AQUAREF Fiches substances validées [En ligne] // AQUAREF - Laboratoire nationale de référence pour la surveillance des milieux aquatiques. - 2011. - http://www.aquaref.fr/substances_validees.

Atkinson Clare [et al.] Survey of the prevalence of perfluorooctane sulphonate (pfos), perfluorooctanoic acid (pfoa) and related compounds in drinking water and their sources [Rapport]. - Février 2008. - DEFRA 7585.

COHIBA WP3 National Report Sweden [En ligne] // COHIBA - Control of hazardous substances in the Baltic Sea region. - 2011. - http://www.cohiba-project.net/publications/en_GB/publications/_files/87105839172093479/default/WP3%20Final%20report_25102011_completed.pdf.

INERIS Fiches de données toxicologiques et environnementales [En ligne] // Portail Substances chimiques. - 2011. - <http://www.ineris.fr/substances/fr/page/21>.

NF EN ISO 5667-3 Qualité de l'eau - Échantillonnage // Partie 3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau. - 2004.