

# Aide à l'identification des risques CMR (Cancérogène, Mutagène et toxique pour la Reproduction) pour les filières de traitement des déchets



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

**AIDE A L'IDENTIFICATION DES RISQUES CMR  
(CANCEROGENE, MUTAGENE ET  
TOXIQUE POUR LA REPRODUCTION)  
POUR LES FILIERES DE TRAITEMENT DES DECHETS**

**PHASES 1 ET 2**

**RAPPORT FINAL**

**novembre 2005**

**Ph. THOUMELIN - Réseau Santé Déchets  
Ch. BAZIN, M.-C. GIROD - POLDEN INSAVALOR**

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.

**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**, Aide à l'identification des risques CMR (Cancérogène, Mutagène et toxique pour la Reproduction) pour les filières de traitement des déchets – Phase 1 et phase 2, 2005, 248 p, n°04-0660/2A.
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

**AIDE A L'IDENTIFICATION DES RISQUES CMR  
(CANCEROGENE, MUTAGENE ET  
TOXIQUE POUR LA REPRODUCTION)  
POUR LES FILIERES DE TRAITEMENT DES DECHETS**

**PHASE 1**



# 1 - Sommaire

<b>1 - SOMMAIRE.....</b>	<b>3</b>
<b>2 - ACRONYMES .....</b>	<b>7</b>
<b>3 - RESUME .....</b>	<b>11</b>
<b>4 - INTRODUCTION.....</b>	<b>13</b>
<b>5 - IDENTIFICATION ET CLASSEMENT DES SUBSTANCES CMR .....</b>	<b>17</b>
5.1 Les substances dangereuses .....	17
5.2 Les substances cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction.....	18
5.2.1 Les substances cancérigènes .....	18
5.2.2 Les substances mutagènes.....	21
5.2.3 Les substances toxiques pour la reproduction.....	22
5.3 L'étiquetage des produits .....	24
5.3.1 Les phrases de risque .....	25
<b>6 - PRODUCTION ET UTILISATION DES SUBSTANCES CMR EN FRANCE .....</b>	<b>27</b>
6.1 La production des substances CMR.....	27
6.2 Les substances CMR dans les différentes catégories de déchets dangereux.....	30
6.2.1 Définition des secteurs industriels concernés par les substances CMR .....	32
6.2.2 Définition des déchets susceptibles de contenir des substances CMR.....	34
<b>7 - LES SUBSTANCES CMR D'INTERET POUR L'EVALUATION DU RISQUE CHEZ LES TRAVAILLEURS .....</b>	<b>39</b>
7.1 Les substances CMR citées dans la littérature.....	40
7.1.1 Les 24 substances classées CMR par l'UE citées dans la littérature .....	41
7.1.2 Les 3 substances citées dans la littérature non classées CMR par l'UE mais classées par le CIRC ..	41
7.2 Les effectifs des travailleurs potentiellement exposés aux substances cancérigènes en France ....	43
7.3 La production des substances CMR en France et les substances CMR dans les déchets dangereux .....	44
7.4 Les substances CMR non citées dans la bibliographie .....	44
7.4.1 Les substances classées CMR par l'UE .....	44
7.4.2 Les substances classées cancérigènes par le CIRC ne figurant pas dans la liste principale des substances CMR de l'UE .....	45

7.5	Le classement des substances CMR par les différents organismes.....	46
7.6	Résumé des critères de sélection de substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets.....	48

## **8 - OUTILS POUR LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX SUBSTANCES CMR ..... 55**

8.1	Les valeurs limites d'exposition professionnelle présentées dans la base CMR.....	55
8.1.1	Les sources consultées.....	55
8.1.2	Les différents types de VLEP indiqués dans la base CMR.....	56
8.1.3	La métrologie des substances présentes dans la base CMR.....	56
8.2	Les indicateurs biologiques d'exposition présentés dans la base CMR.....	58
8.2.1	Les sources consultées.....	58
8.2.2	Les différents types d'IBE indiqués dans la base CMR.....	59

## **9 - LES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE PRESENTEES DANS LA BASE CMR..... 61**

9.1.1	Les sources consultées.....	61
9.1.2	Les différents types de VTR indiqués dans la base CMR.....	61

## **10 - PROPOSITIONS EN VUE D'UNE DEMARCHE POUR L'EVALUATION DES RISQUES DES SUBSTANCES CLASSEES CMR DANS LES FILIERES DE TRAITEMENT DES DECHETS ..... 63**

10.1	La démarche d'évaluation des risques CMR mise en œuvre dans l'industrie chimique.....	63
10.1.1	L'évaluation initiale :.....	63
10.1.2	L'évaluation approfondie :.....	64
10.2	L'évaluation des risques CMR dans les filières de traitement des déchets.....	65
10.2.1	L'évaluation initiale :.....	65
10.2.2	L'évaluation approfondie.....	70
10.3	Suggestions pour la conduite de la seconde phase de l'étude.....	70

## **11 - ANNEXE I - EFFETS SANITAIRES OBSERVES DANS LES POPULATIONS EXPOSEES AUX SUBSTANCES CMR (TRAVAILLEURS ET RIVERAINS)..... 73**

11.1	Les différents types d'études épidémiologiques.....	73
11.2	La mesure du risque dans les études épidémiologiques et les études d'évaluation du risque sanitaire.....	74
11.3	Les études relatives aux sites de déchets dangereux.....	75
11.3.1	Les études chez les travailleurs.....	75
11.3.2	Les études en population générale.....	79
11.4	Les études d'évaluation du risque des sites de stockage des déchets.....	85
11.5	Les études épidémiologiques relatives aux installations d'incinération des déchets.....	85
11.5.1	Les études chez les travailleurs.....	86
11.5.2	Les études en population générale.....	86

11.6	Les études d'évaluation du risque relatives aux incinérateurs de déchets .....	88
11.7	Les mesures de prévention et de surveillance médicale vis-à-vis des travailleurs exposés aux substances CMR.....	89
11.8	Résumé des effets sanitaires observés chez les travailleurs exposés aux substances CMR .....	90

## **12 - ANNEXE II - EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX SUBSTANCES CMR** .....

### **95**

12.1	Les polluants chimiques identifiés dans les filières de déchets.....	95
12.1.1	Dans les sites de déchets dangereux .....	95
12.1.2	Dans les sites recevant des déchets ménagers .....	97
12.2	L'exposition professionnelle aux agents cancérigènes en Europe.....	98
12.3	Les mesures d'exposition dans l'air des sites de déchets.....	103
12.3.1	Sur les sites de déchets dangereux .....	103
12.3.2	Sur les sites de déchets ménagers.....	103
12.4	Les marqueurs biologiques d'exposition chez les travailleurs .....	106
12.4.1	Les dosages biologiques chez les travailleurs des sites de déchets .....	108
12.4.2	Les dosages biologiques chez les travailleurs de sites de stockage des déchets ménagers.....	111
12.4.3	Les dosages biologiques chez les travailleurs des incinérateurs de déchets ménagers.....	112
12.5	Les tests cytogénétiques.....	113

## **13 - ANNEXE III – BIBLIOGRAPHIE** .....

### **115**

13.1	Sélection de la bibliographie .....	115
13.1.1	Etape 1 : Liste des références contenues dans la base du Réseau Santé Déchets .....	115
13.1.2	Etape 2 : Recherche complémentaire de références pertinentes dans les bases de données.....	115
13.1.3	Etape 3 : Recherche complémentaire de références dans les bibliographies des articles précédemment identifiés .....	116
13.2	Bibliographie.....	116

## **14 - ANNEXE IV – LES AUTRES CLASSIFICATIONS DES SUBSTANCES CMR** .....

### **123**

14.1	Les autres classifications des substances cancérigènes .....	123
14.1.1	Les classifications de l'US-EPA .....	123
14.1.2	La classification du NIOSH .....	124
14.1.3	La classification du NTP .....	124
14.1.4	La classification de l'OSHA .....	125
14.1.5	La classification de l'ACGIH .....	126
14.1.6	La classification du COSHH .....	127
14.1.7	La classification de la commission MAK .....	127
14.2	Les autres classifications des substances mutagènes.....	128
14.2.1	La classification de la commission MAK .....	128
14.3	Les autres classifications des substances toxiques pour la reproduction .....	128
14.3.1	La classification du COSHH .....	128
14.3.2	La classification de la commission MAK .....	129



## **15 - ANNEXE V – OUTILS POUR LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX SUBSTANCES CMR.....131**

<b>15.1</b>	<b>Les valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP).....</b>	<b>131</b>
15.1.1	Les valeurs limites d'exposition professionnelle en France.....	131
15.1.2	Les valeurs limites d'exposition professionnelle aux USA .....	133
15.1.3	Les valeurs limites d'exposition professionnelle au Canada .....	138
15.1.4	Les valeurs limites d'exposition professionnelle en Allemagne.....	139
15.1.5	Les valeurs limites d'exposition professionnelle en Angleterre .....	140
<b>15.2</b>	<b>Les indicateurs biologiques d'exposition (IBE).....</b>	<b>142</b>
15.2.1	Le guide BIOTOX.....	144

## **16 - ANNEXE VI – OUTILS POUR L'ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES ENVIRONNEMENTAUX.....147**

<b>16.1</b>	<b>Les valeurs toxicologiques de référence (VTR).....</b>	<b>147</b>
16.1.1	Les VTR des effets à seuil.....	148
16.1.2	Les VTR des effets sans seuil.....	149

## **17 - ANNEXE VII – CODE DU TRAVAIL : EXPOSITION DES TRAVAILLEURS A CERTAINS AGENTS OU PROCÉDES CANCÉROGENES, MUTAGÈNES OU TOXIQUES POUR LA REPRODUCTION .....151**

## **18 - ANNEXE VIII - DIRECTIVE 90/394/CEE : PROTECTION DES TRAVAILLEURS CONTRE LES RISQUES LIÉS À L'EXPOSITION À DES AGENTS CANCÉRIGÈNES ET MUTAGÈNES AU TRAVAIL.....159**

## **19 - ANNEXE IX - TRANSPOSITION DE LA DIRECTIVE 90/394/CEE DANS LES PAYS DE L'UNION EUROPÉENNE .....163**

## 2 - Acronymes

A.C.G.I.H. : American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
A.D.E.M.E. : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
A.D.I. : Acceptable Daily Intake  
A.D.N. : Acide désoxyribonucléique  
A.T. – M.P. : Accident du Travail – Maladie Professionnelle  
A.T.S.D.R. : Agency for Toxic Substances and Disease Registry  
B.A.T. : Biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte (Valeurs biologiques tolérées au poste de travail) (Allemagne)  
B.I.A. : Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (Institut pour la sécurité du travail des organismes d'assurance et de prévention des risques professionnels) (Allemagne)  
C.A.A. : Concentration Admissible dans l'Air  
C.D.C. : Center for Disease Control  
C.E.E. : Communauté Economique Européenne  
C.E.R.C.L.A. : Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act (connu sous le nom de SUPERFUND)  
C.E.T. : Centre d'enfouissement technique  
C.f.u. : Colony forming unit (unités formant colonies)  
C.H.S.C.T. : Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail  
C.I.R.C. : Centre International de Recherche sur le Cancer (Voir également I.A.R.C.)  
C.N.A.M. ou C.N.A.M.T.S. : Caisse Nationale d'Assurance Maladie (des Travailleurs Salariés)  
C.O.V. : Composés organiques volatiles  
C.P.A.M. : Caisse Primaire d'Assurance Maladie  
C.R. : excess lifetime Cancer Risk  
C.R.A.M. : Caisse Régionale d'Assurance Maladie  
C.R.R.M.P. : Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles  
C.Rf : concentration de référence (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
D.F.G. : Deutsche Forschungsgemeinschaft (Allemagne)  
D.H.A. : Dose Hebdomadaire Admissible  
D.H.T. : Dose Hebdomadaire Tolérable  
D.J.A. : Dose Journalière Admissible ou Dose Journalière Acceptable  
D.L<sub>50</sub> : dose létale 50% (expérimentalement dose qui entraîne 50 % de décès parmi les animaux traités)  
D.M.E.N.O. : Dose Minimale pour laquelle un Effet Nocif est Observé  
D.M.S.E.N.O. : Dose Minimale Sans Effet Nocif Observé (ou en anglais No Observed Adverse Effect Level-NOAEL), dose la plus basse n'ayant pas entraîné d'effet observable chez l'espèce la plus sensible  
D.R.T. : Direction des Relations du Travail du Ministère du travail  
D.R.T.E.F.P. : Direction Régionale du Travail de l'Emploi et de la Formation Professionnelle  
D.Rf : dose de référence (en  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ )

E.D. : équivalent-dioxine

E.R.U. : Excès de Risque Unitaire exprimé en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{a}$ )

E.U. : Unité d'endotoxine, par référence à une endotoxine produite par une souche bactérienne précisée en bon état de fonctionnement

H.A.P. : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

H.S.E. : Health and Safety Executive (Grande-Bretagne)

I.A.R.C. : International Agency for Research on Cancer (voir également C.I.R.C.)

I.N.R.S. : Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

I.N.S.E.R.M. : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

I.P.C.S. : International Programme on Chemical Safety (Programme International pour la Sécurité des Produits Chimiques)

I.R.I.S. : Integrated Risk Information System

I.U.R. : Inhalation Unit Risk

In.V.S. : Institut national de Veille Sanitaire

I-TEQ : Equivalent toxique

L.N.H. : lymphomes non hodgkiniens

L.O.A.E.L. : Lowest Observed Adverse Effect Level (niveau du plus petit effet délétère observé)

M.A.K. : Maximale Arbeitsplatz Konzentration

M.E.Ls : Maximum exposure limits (HSE - Grande-Bretagne)

M.R.L. : Minimal Risk Level (ATSDR – USA)

MAKs PEAK: Concentration maximale au poste de travail – valeur de pointe (DFG – Allemagne)

MAKs TWA: Concentration maximale au poste de travail - Time Weighted Average (DFG – Allemagne)

N.C.I. : National Cancer Institute

N.I.O.S.H. : National Institute for Occupational Safety and Health

N.O.A.E.L. : No Observed Adverse Effect Level (niveau sans effet délétère observé)

N.O.E.L. : No Observed Effect Level

N.P.L. : National Priority list (établie par l'US-EPA des sites du Superfund)

N.T.P. : National Toxicology Program

O.E.Ls : Occupational exposure limits (HSE - Grande-Bretagne)

O.E.Ss : Occupational exposure standards (HSE - Grande-Bretagne)

O.M. : Ordures ménagères

O.M.S. : Organisation Mondiale de la Santé

O.R. : Odds Ratio

O.R.P. : Odds ratio de prévalence

O.S.H.A. : Occupational Safety and Health Administration du département du travail des USA

P.C.B. : Polychlorobiphényles

P.C.D.D. : Polychlorodibenzo-p-dioxines

P.C.D.F. : Polychlorodibenzo-furanes

P.E.Ls S.T.E.L./CEIL (C) : Permissible exposure limit - Short Term Exposure Limit Ceiling (valeur plafond) (OSHA – USA)

P.E.Ls T.W.A. : Permissible exposure limit - Time Weighted Average (OSHA – USA)

R.E.Ls S.T.E.L./CEIL (C) : Recommended exposure limit - Short Term Exposure Limit Ceiling (valeur plafond) (NIOSH – USA)

R.E.Ls T.W.A. : Recommended exposure limit - Time Weighted Average (NIOSH – USA)

R.I.V.M. : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Pays-Bas)

R.R. : Risque relatif

Rf.C : Reference Concentration

Rf.D : Reference Dose

S.T.M. : Sarcomes des tissus mous

Sex ratio : Rapport des genres à la naissance ou rapport des sexes

T.C.D.D. : Tetrachlorodibenzo-p-dioxine

T.C.E. : trichloréthane

T.D.I : Tolerable Daily Intake

T.E.Q. : Equivalent toxique

T.L.V - S.T.E.L./CEIL (C) : Threshold Limit Values – Short Term Exposure Limit Ceiling (valeur plafond qui ne doivent jamais être dépassées, même en valeur instantanée) (ACGIH – USA)

T.L.V. - S.T.E.L. : Threshold Limit Values – Short Term Exposure Limit (valeurs limites d'exposition de courte durée ; concentrations moyennes pondérées sur 15 minutes, qui ne doivent être dépassées à aucun moment de la journée) (ACGIH – USA)

T.L.V. – T.W.A. : Threshold Limit Values – Time Weighted Average (valeurs moyennes pondérées sur 8 heures par jour et 40 heures par semaine) (ACGIH – USA)

T.L.V. : Threshold Limit Value

T.R.I. : Toxic Chemical Release Inventory

T.R.K. : Technische Richtkonzentrationen (Concentration technique conseillée) (BIA – Allemagne)

U.S.-E.P.A. : United States Environmental Protection Agency

V.L.E. : Valeur Limite d'Exposition

V.M.E. : Valeur Limite de Moyenne d'Exposition

V.T.R. : Valeur Toxicologique de Référence

W.H.O. : World Health Organization



### 3 - Résumé

Les exigences de la réglementation relative à l'évaluation des risques encourus pour la santé et la sécurité des travailleurs (article R. 231-54 du code du travail) et notamment celles s'appliquant au cas des agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) (article R. 231-56 à R. 231-56-12 du code du travail) supposent de la part des industriels une bonne connaissance des dangers CMR des déchets qu'ils produisent ou qu'ils traitent.

L'objectif de l'étude que RE.CO.R.D a confié au Réseau Santé Déchets est d'apporter aux industriels des connaissances relatives aux caractéristiques des substances classées CMR, d'une part, et des connaissances relatives aux déchets dangereux susceptibles de contenir les substances CMR, d'autre part, dans le but de les aider à identifier les risques CMR pour les filières de traitement des déchets.

Afin de répondre aux attentes des industriels, nous avons regroupé dans une base dénommée base CMR, les principales caractéristiques des 407 substances figurant dans la liste principale des substances CMR de l'UE publiée par l'INRS ainsi que celles d'une dizaine d'autres substances classées cancérigènes par le CIRC que nous avons également retenues en raison de leur intérêt vis-à-vis des filières de déchets.

A partir d'une revue des études publiées, nous avons établi une liste de 27 substances d'intérêt sans pouvoir établir de hiérarchie entre les substances du fait de la nature des études recensées. Les substances ainsi identifiées sont toutes classées CMR par l'UE à l'exception de trois substances qui ne sont classées cancérigènes que par le CIRC. Quatre autres substances ont été sélectionnées en raison des effectifs de travailleurs potentiellement exposés et douze du fait de leur intérêt particulier dans le contexte des filières de traitement des déchets.

Les données relatives à la production ou à la présence des substances dans les déchets sont encore trop limitées pour contribuer à la sélection des substances d'intérêt.

A l'issue de ce travail, des propositions sont faites en vue de la mise en place d'une démarche d'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets parmi lesquelles une liste de 42 substances d'intérêt qui pourraient être retenues en priorité pour l'évaluation du risque CMR dans ces filières.

Mots clés : agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, évaluation du risque, substances dangereuses prioritaires

Carcinogenic, mutagenic and toxic for reproduction substances, risk assessment, priority hazardous substances



## 4 - Introduction

Pour toute activité susceptible de présenter un risque d'exposition à des substances chimiques dangereuses, selon la réglementation française, le chef d'établissement doit procéder à l'évaluation des risques encourus pour la santé et la sécurité des travailleurs (article R. 231-54 du code du travail). C'est notamment le cas pour les agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) (article R. 231-56 à R. 231-56-12 du code du travail). La réglementation prescrit que l'employeur transcrit et met à jour dans un document unique les résultats de l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs (article R. 230-1). Cette évaluation comporte un inventaire des risques identifiés dans chaque unité de travail de l'entreprise ou de l'établissement.

Ces exigences réglementaires supposent de la part des industriels une bonne connaissance des dangers CMR des déchets qu'ils produisent ou qu'ils traitent.

Afin de répondre à la proposition d'étude n°06-34 de RE.CO.R.D., le Réseau Santé Déchets a présenté un projet dont la mise en oeuvre fait l'objet du présent rapport (projet RE.CO.R.D. n°02-0660/1A).

La proposition d'étude de RE.CO.R.D. comportait deux phases principales. Seule la première phase de l'étude qui est de nature bibliographique sera envisagée dans ce rapport. Le contenu et les modalités de déroulement de la seconde phase relative à la constitution d'un groupe expert devant se prononcer sur la démarche à suivre pour conduire l'évaluation des risques vis-à-vis des substances classées CMR dans les filières de déchets, prévue dans la proposition n°06-34 de RE.CO.R.D., seront envisagés avec les tuteurs industriels après la présentation du rapport de la première phase programmée le 01 juillet 2003.

L'objectif de la première phase de l'étude est d'apporter aux industriels des connaissances relatives aux caractéristiques des substances classées CMR, d'une part, et des connaissances relatives aux déchets dangereux susceptibles de contenir les substances CMR, d'autre part, dans le but de les aider à identifier les risques CMR pour les filières de traitement des déchets.

L'annexe 1 de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié comporte la liste des substances dangereuses au sens de la réglementation européenne (directive 67/548/CEE modifiée) soit près de 3 000 substances<sup>1</sup>. Une liste de 407 substances qui relèvent d'un étiquetage les classant comme cancérigène (R 40, R 45 ou R 49), mutagène (R 46 ou R 68) ou toxique pour la reproduction (R 60, R 61, R 62 ou R 63)

---

<sup>1</sup> Classification, emballage, étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Liste alphabétique et numéro CAS des substances figurant à l'annexe 1 de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié. Note documentaire de l'INRS ND 1915 (mise à jour juillet 2001)



selon le Guide de classification et d'étiquetage<sup>2</sup> a été établie<sup>3</sup>. Le présent rapport utilise la liste de ces 407 substances telle qu'elle figure dans la note documentaire ND 2168 publiée par l'INRS.

Une liste des déchets dangereux, dite Liste européenne des déchets, notamment ceux qui contiennent des substances CMR, figure à l'annexe II du décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets. Dans le présent rapport nous faisons référence à cette liste des déchets dangereux.

Nous avons regroupé dans une base dénommée base CMR dans la suite de ce rapport, les principales caractéristiques des 407 substances CMR figurant dans la liste principale des substances CMR de l'UE publiée par l'INRS et des dix substances classées dans l'un des groupes des substances cancérogènes (I, IIA et IIB) établis par le CIRC qui ne figuraient pas dans la liste de l'INRS mais nous ont paru présenter un intérêt particulier vis-à-vis des filières de traitement des déchets.

Les caractéristiques suivantes ont été recherchées et rassemblées pour les 417 substances présentes dans la base CMR :

- numéros d'identification (numéro index, numéro CAS et numéro CE),
- phrases de risque indiquant la nature des risques particuliers attribués aux substances par la réglementation européenne,
- propriétés physico-chimiques (état physique, solubilité, volatilité),
- valeurs limites en milieu professionnel existant dans les différents pays (France, UE, USA),
- valeurs toxicologiques de références disponibles selon les voies d'exposition orale et respiratoire,
- indices biologiques d'exposition utilisables,
- méthodes d'analyse des substances classées CMR dans l'air aux postes de travail (méthodes disponibles, normalisation).

A ces différentes caractéristiques, nous avons ajouté, lorsque la donnée était disponible, le classement des substances par les autres organismes internationaux (CIRC) ou nationaux, aux USA (US-EPA, OSHA, NIOSH, ACGIH) ou en Europe (commission MAK allemande) (Annexe IV).

La base CMR indique les différentes sources consultées pour le recueil de toutes les données qu'elle contient.

Les quantités des différentes substances classées CMR produites en France et les principaux secteurs industriels utilisateurs des substances ont été indiqués dans la base CMR en fonction des

---

<sup>2</sup> Classification, emballage, étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Guide de classification et d'étiquetage. Méthodes d'essais. Note documentaire de l'INRS ND 1961 (mise à jour novembre 1998)

<sup>3</sup> Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction. Note documentaire de l'INRS ND 2168 (2<sup>ème</sup> trimestre 2002) <http://www1.inrs.fr/>

renseignements contenus dans les fiches toxicologiques de l'INRS d'une part, des connaissances particulières à ce domaine d'expertise que l'équipe POLDEN a pu rassembler d'autre part.

Une recherche a également été effectuée afin d'identifier parmi les catégories de déchets dangereux figurant à l'annexe II du décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets (Liste européenne des déchets) celles qui sont susceptibles de contenir les substances classées CMR dans la réglementation de l'UE (liste principale des substances indiquée dans la note documentaire ND 2168 de l'INRS). Pour parvenir à l'objectif, l'équipe POLDEN a développé et appliqué à une vingtaine de substances une méthode permettant de rattacher une substance de la liste des substances CMR aux codes de déchets dans lesquels leur présence est vraisemblable.

Pour compléter les informations obtenues vis-à-vis des substances et des déchets, nous avons procédé à une recherche bibliographique dans le but d'identifier les études internationales publiées qui présentent des données d'exposition des travailleurs des filières de traitement des déchets aux substances CMR (mesures des polluants dans les milieux en contact avec les travailleurs, d'une part, et mesures des indicateurs biologiques, d'autre part) (Annexe II), et celles qui traitent des effets des substances sur la santé des travailleurs (Annexe I). A titre d'information, nous avons également présenté les études qui traitent des effets sur la reproduction ou des cancers en population générale car ce sont souvent les seules études disponibles vis-à-vis de ces effets attribués à des sites de déchets.

Les principaux résultats concernant les estimations des effectifs de travailleurs exposés aux agents cancérigènes en France pour les années 1990-1993 ont été présentés dans le rapport (Annexe VII).

Dans cette première phase du travail, nous avons présenté la liste des textes réglementaires qui transcrivent dans les différentes législations nationales des pays de l'Union européenne la Directive 90/394/CEE du 28 juin 1990 : protection des travailleurs contre les risques cancérigènes au travail (6<sup>ème</sup> directive particulière d'application de la directive cadre 89/391/CEE du 12 juin 1989) (Annexe IX).

En France, c'est le décret n° 2001-97 du 1 février 2001 relatif à la prévention des risques cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction qui transcrit dans la réglementation française la Directive du Conseil 97/42/CE du 27 juin 1997 portant première modification de la Directive 90/394/CEE du 28 juin 1990 : protection des travailleurs contre les risques cancérigènes au travail (6<sup>ème</sup> directive particulière d'application de la directive cadre 89/391/CEE du 12 juin 1989) ainsi que la Directive du Conseil 1999/38/CE du 29 avril 1999 portant 2<sup>ème</sup> modification de la Directive 90/394/CEE du 28 juin 1990 et l'étendant aux agents mutagènes.

L'arrêté du 5 janvier 1993 fixe la liste des substances, préparations et procédés cancérigènes au sens de l'article R-231-56 alinéa 2 du code du travail. Il a été modifié par l'arrêté du 18 septembre 2000 qui ajoute à la liste des procédés exposant à l'inhalation des poussières de bois.



## 5 - Identification et classement des substances CMR

### 5.1 Les substances dangereuses

La réglementation sur la classification, l'emballage et l'étiquetage des produits chimiques se rapporte d'une part aux substances dangereuses (arrêté du 20 avril 1994 modifié pris en application de la directive de base 67/548/CEE du 27 juin 1967 : Classification, emballage et étiquetage des substances dangereuses), d'autre part aux préparations dangereuses (arrêté du 21 février 1990 modifié pris en application de la directive de base 88/379/CEE du 7 juin 1988 : Classification, emballage et étiquetage des préparations dangereuses. Cette directive a été abrogée et remplacée par la directive 1999/45/CE du 31 mai 1999). Ces textes font tous deux référence aux substances dangereuses pour lesquelles une classification harmonisée au niveau de l'Union européenne a été établie<sup>4</sup>.

La note documentaire ND 1915 de l'INRS publie l'index alphabétique et par numéro CAS des substances dangereuses figurant à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié (directive 67/548/CEE 19<sup>ème</sup>, 20<sup>ème</sup>, 21<sup>ème</sup>, 22<sup>ème</sup>, 23<sup>ème</sup>, 24<sup>ème</sup>, 25<sup>ème</sup>, 26<sup>ème</sup> et 27<sup>ème</sup> adaptations)<sup>5</sup>.

Il n'existe pas à ce jour de texte de transposition de la 28<sup>ème</sup> adaptation au progrès technique : directive de la commission 2001/59/CE du 6 août 2001 dont la date limite de transposition a été fixée au 30 juillet 2002.

Dans l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié sont indiqués en général pour chaque substance :

- le(s) numéro(s) CAS (Chemical Abstract Service Registry Number Index),
- le(s) numéro(s) CEE (n° EINECS pour les substances figurant dans l'inventaire européen des substances existantes ou n° EILINCS pour les substances dangereuses notifiées répertoriées dans la liste européenne des substances notifiées,
- le numéro-index (N° Id). Le numéro de l'adaptation au progrès technique (ATP) où le numéro index doit être recherché pour avoir la classification et l'étiquetage figure dans la note documentaire ND 1915 de l'INRS.
- le nom de la (ou des) substance(s) avec éventuellement un synonyme,
- la classification (catégorie(s) de danger),

---

<sup>4</sup> Dictionnaire permanent Sécurité et conditions de travail. Bulletin 230. 24 juin 2002. Bulletin spécial : Transposition en droit français de la réglementation européenne.

<sup>5</sup> Classification, emballage, étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Liste alphabétique et par numéro CAS des substances figurant à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié. Note documentaire de l'INRS ND 1915 mise à jour juillet 2001.

- l'étiquetage (symbole(s) et indication(s) de danger, phrase(s) R, phrase(s) S),
- le cas échéant des limites de concentration spécifiques à utiliser pour la classification des préparations contenant la substance (selon les règles fixées dans l'arrêté du 21 février 1990 modifié),
- éventuellement des notes (A à R) se rapportant aux substances ou des notes (1 à 4) se rapportant aux préparations dont le texte figure en introduction de l'annexe I.

## **5.2 Les substances cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction**

### **5.2.1 Les substances cancérigènes**

Un cancérigène (ou cancérigène) est un agent capable de provoquer le cancer ou d'en augmenter la fréquence dans une population exposée. Un cancer est caractérisé par une prolifération anarchique de cellules, provoquant des tumeurs dans différents organes. Les organes les plus fréquemment touchés sont notamment les seins, la prostate, les poumons, l'appareil digestif et la gorge, la peau et le cerveau. Les cancers peuvent résulter d'une interaction entre plusieurs agents cancérigènes.

En milieu professionnel, certains de ces agents peuvent être identifiés. Outre ces derniers, des facteurs individuels tels que la consommation d'alcool, l'alimentation, le tabagisme, ou des facteurs génétiques, peuvent avoir une grande influence. De plus, cette maladie survient le plus souvent très longtemps après l'exposition. Cela rend encore plus difficile l'évaluation du risque cancérigène lié à l'exposition à un ou plusieurs agents en milieu professionnel.

L'évaluation du potentiel cancérigène des produits chimiques pour l'homme prend en compte les résultats issus de différents types d'études, épidémiologiques ou toxicologiques. Une étude épidémiologique non concluante ne signifie pas qu'un produit n'est pas cancérigène : elle indique seulement que, dans les conditions de l'étude, il n'a pas été observé de différence en terme de risque de cancers entre la population exposée et les témoins non-exposés.

Les substances cancérigènes sont classées en fonction de leur pouvoir cancérigène. Les classifications qui font référence sont celles de l'Union européenne, qui a valeur réglementaire, et celle du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

Ces classifications sont l'un des éléments importants de la prévention des cancers d'origine professionnelle.

### **5.2.1.1 Les trois catégories de l'Union européenne pour les cancérrogènes**<sup>6</sup>

Première catégorie : Substances que l'on sait être cancérrogènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer.

Deuxième catégorie : Substances devant être assimilées à des substances cancérrogènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer. Cette présomption est généralement fondée sur des études appropriées à long terme sur l'animal et/ou d'autres informations appropriées.

Troisième catégorie : Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérrogènes possibles, mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante. Il existe des informations issues d'études adéquates sur les animaux, mais elles sont insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie.

La classification des substances CMR de l'Union européenne à laquelle nous faisons référence est issue des deux documents principaux suivant :

Classification, emballage, étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses. Liste alphabétique et par numéro CAS des substances figurant à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié. Note documentaire de l'INRS ND 1915. Juillet 2001

Produits chimiques, cancérrogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction. Classification réglementaire. Note documentaire de l'INRS ND 2168-187-02. 2ème trimestre 2002

Dans la base CMR, nous indiquons le classement des substances CMR selon la classification adoptée par l'UE.

### **5.2.1.2 La classification du Centre International de Recherche sur le Cancer**

Les CIRC (ou IARC en anglais) est un organisme placé sous la tutelle de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ou World Health Organisation (WHO en anglais). Les évaluations globales de la cancérogénicité pour l'homme que le CIRC propose n'ont pas de caractère réglementaire. Elles sont établies par des commissions d'experts internationaux en cancérogenèse. Elles portent sur des agents, des mélanges ou des circonstances d'exposition.

---

<sup>6</sup> Cahiers de notes documentaires de l'INRS, ND 2168, 2ème trimestre 2002

Elles sont très utiles, notamment lors de l'estimation du potentiel cancérigène lié à une activité où à l'exposition à un produit non répertorié dans la classification de l'Union européenne. Les détails de ces travaux sont disponibles sous forme de monographies. Chaque année, une liste mise à jour de ces évaluations est publiée.

La liste complète de toutes les monographies et suppléments publiés à ce jour (en anglais seulement) est accessible à l'adresse : <http://193.51.164.11/monoeval/allmonos.html>

Dans les 82 premiers volumes de la série des Monographies, 885 agents ont été évalués (produits chimiques, groupes de produits chimiques, mélanges complexes, expositions professionnelles, comportements culturels, agents biologiques ou physiques).

Chaque monographie se compose d'une brève description, le cas échéant, de l'exposition potentielle à l'agent ou au mélange, et présente des données sur les propriétés chimiques et physiques, les méthodes d'analyse, les méthodes et volumes de production, l'emploi et la fréquence d'utilisation. Pour les circonstances d'exposition, figurent un historique et une description de l'exposition. Puis sont résumées les différentes études épidémiologiques pertinentes. Les sections suivantes couvrent les indications ou les indices de cancérigénicité obtenus chez l'animal de laboratoire, et une brève description des autres informations pertinentes, comme la toxicité et les effets génétiques.

Les évaluations effectuées par le CIRC sont classées par groupe :

- Groupe 1 : L'agent (le mélange) est cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont cancérigènes pour l'homme.

- Groupe 2 (deux groupes) :

Groupe 2A : L'agent (le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont probablement cancérigènes pour l'homme.

Groupe 2B : L'agent (le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont peut-être cancérigènes pour l'homme.

- Groupe 3 : L'agent (le mélange ou le mode d'exposition) est inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme.

- Groupe 4 : L'agent (le mélange ou le mode d'exposition) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme. Ce groupe ne contient qu'une seule substance, le caprolactame (CAS : 105-60-2).

Pour le classement des substances cancérigènes établi par le CIRC, nous avons consulté le résultat des évaluations accessible sur le site de l'organisme :

Evaluations Globales de la Cancérogénicité pour l'Homme. D'après les Volumes 1 à 82 des monographies du CIRC (885 agents, mélanges et expositions). 6 décembre 2002. (consultables à l'adresse suivante : <http://193.51.164.11/monoeval/crthallfr.html>)

Lors de la consultation des sources documentaires utilisées pour ce travail nous avons également eu accès au classement des substances par les autres organismes américains (US-EPA, OSHA, NIOSH, ACGIH) ou européens (commission MAK allemande) (Annexe IV).

Ce sont les différentes catégories établies par les différents organismes et figurant dans le Guide to Occupational Exposure Value 2003 de l'ACGIH que nous avons reprises dans la base CMR.

### **5.2.2 Les substances mutagènes**

Un mutagène (ou un génotoxique) est un agent qui augmente l'apparition de mutations génétiques. Une mutation est une modification permanente d'un fragment du matériel génétique dans un organisme, notamment l'ADN, molécule constitutive des chromosomes et porteuse de l'information génétique. Une exposition à ce type d'agent peut induire des défauts génétiques héréditaires. De telles mutations peuvent parfois aboutir à un cancer. C'est pourquoi de nombreux mutagènes sont aussi cancérogènes.

Portant transposition de 2 directives européennes, le décret n°2001-97 du 1<sup>er</sup> février 2001 a étendu les prescriptions relatives à la prévention des risques liés aux agents cancérogènes. Elles s'appliquent désormais aussi aux substances mutagènes et aux produits toxiques pour la reproduction.

#### **5.2.2.1 Les trois catégories de l'Union européenne**

Première catégorie : Substances que l'on sait être mutagènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et des défauts génétiques héréditaires.

Deuxième catégorie : Substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut entraîner des défauts génétiques héréditaires. Cette présomption est généralement fondée sur des études appropriées sur l'animal ou sur d'autres informations appropriées.

Troisième catégorie : Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes possibles. Des études appropriées de mutagénicité ont fourni des éléments, mais ils sont insuffisants pour classer ces substances dans la deuxième catégorie.



### **5.2.3 Les substances toxiques pour la reproduction**

L'exposition professionnelle à un ou plusieurs produits chimiques, peut avoir des effets néfastes sur la fonction de reproduction.

Il peut s'agir d'une altération de la fertilité chez l'homme ou la femme :

- effets néfastes sur la libido, le comportement sexuel, la production d'ovules ou de spermatozoïdes ;
- effets néfastes sur l'activité hormonale qui perturberaient la capacité de fécondation, la fécondation elle-même ou le développement de l'ovule fécondé jusqu'à et y compris l'implantation.

Une exposition à un toxique pour la reproduction peut aussi induire des effets perturbant le développement normal de l'embryon ou du fœtus, aussi bien avant qu'après la naissance : avortement, anomalies structurelles (effets tératogènes), toxicité pour les organes, retard de croissance et de développement, réduction du poids corporel, mort, anomalies péri ou postnatales, anomalies fonctionnelles. Cela comprend aussi l'altération du développement mental ou physique après la naissance, jusqu'à et y compris le développement pubertaire et les futures capacités de reproduction de l'enfant.

#### **5.2.3.1 La classification de l'Union européenne**

L'Union européenne a évalué pour plusieurs substances chimiques les effets néfastes sur la fonction de reproduction. Ces évaluations prennent en compte les résultats issus de différents types d'études, épidémiologiques et/ou expérimentales. Selon le degré de certitude et de pertinence de celles-ci, différentes catégories ont été établies.

Les produits chimiques les plus préoccupants sont ceux qui sont toxiques pour la reproduction à des niveaux d'exposition qui ne donnent pas de signes de toxicité chez les futurs parents.

Première catégorie : Substances connues pour altérer la fertilité dans l'espèce humaine. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à la substance et une altération de la fertilité.

Substances connues pour provoquer des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition humaine à la substance et des effets toxiques ultérieurs sur le développement de la descendance.

Deuxième catégorie : Substances devant être assimilées à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut altérer la fertilité. Cette présomption se fonde généralement sur la mise en évidence nette, dans des études sur l'animal, d'une altération de la fertilité intervenant soit en l'absence d'effets toxiques, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques.

Substances devant être assimilées à des substances causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition humaine à de telles substances peut entraîner des effets toxiques sur le développement. Cette présomption se fonde généralement sur la mise en évidence nette, dans des études appropriées sur l'animal, d'effets observés soit en l'absence de signes de toxicité maternelle marquée, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui ne sont pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques.

Troisième catégorie : Substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine. Généralement sur la base de résultats d'études appropriées sur l'animal qui fournissent suffisamment d'éléments pour entraîner une forte suspicion d'une altération de la fertilité intervenant soit en l'absence d'effets toxiques, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques, ces preuves étant toutefois insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie.

Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement. Généralement sur la base de résultats d'études appropriées sur l'animal qui fournissent suffisamment d'éléments pour entraîner une forte suspicion de toxicité pour le développement soit en l'absence de signes de toxicité maternelle marquée, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques, les preuves étant toutefois insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie.

### **5.3 L'étiquetage des produits**

Les produits cancérogènes classés en 1<sup>re</sup> ou en 2<sup>e</sup> catégorie doivent être étiquetés avec le symbole « Toxique » et la phrase de risque « Peut causer le cancer » (R 45) ou « Peut causer le cancer par inhalation » (R 49). Les produits mutagènes classés en 1<sup>ère</sup> ou en 2<sup>nde</sup> catégorie doivent être étiquetés avec le même symbole, mais avec la phrase de risque " Peut causer des altérations génétiques héréditaires " (R 46)

Les produits cancérogènes ou mutagènes classés en 3<sup>ème</sup> catégorie doivent être étiquetés avec le symbole " Nocif " et la phrase de risque " Possibilités d'effets irréversibles " (R 40). Suite aux évolutions réglementaires (décret n°2001-97 du 1<sup>er</sup> février 2001), l'étiquetage de ces produits a évolué. Depuis le mois de juillet 2002, la phrase de risque pour les cancérogènes doit être " Effet cancérogène suspecté. Preuves insuffisantes " (R 40) alors que celle des mutagènes reste " Possibilité d'effets irréversibles " (devenue R 68).

Les préparations contenant ce type de substance doivent également être étiquetées si la teneur de ces substances est égale ou supérieure aux limites des concentrations fixées dans la réglementation.

Une substance classée par l'Union européenne comme toxique pour la reproduction doit être étiquetée avec un symbole de danger et une phrase de risque spécifique.

Les effets toxiques sur la descendance, résultant uniquement de l'exposition via le lait maternel, sont également pris en compte dans l'étiquetage ; la phrase de risque « Risque possible pour les bébés nourris au lait maternel » (R 64) est mentionnée quand il y a lieu.

Les substances connues pour altérer la fertilité humaine (classées en catégorie 1 ou 2) sont étiquetées avec le symbole « Toxique » et la phrase de risque « Peut altérer la fertilité » (R 60) et/ou « Risques pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant » (R 61).

Les substances préoccupantes (classées en catégorie 3) sont étiquetées avec le symbole « Nocif » et la phrase de risque « Risque possible d'altération de la fertilité » (R 62) et/ou « Risques possibles pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant » (R 63).

### 5.3.1 Les phrases de risque

R 40 : effet cancérigène suspecté, preuves insuffisantes

R 45 : peut causer le cancer

R 46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires

R 49 : peut causer le cancer par inhalation

R 60 : peut altérer la fertilité

R 61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant

R 62 : risque possible d'altération de la fertilité

R 63 : risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant

R 64 : risque possible pour les bébés nourris au lait maternel

R 68 : possibilité d'effets irréversibles

Les phrases de risque que doit comporter l'étiquetage des substances CMR ont été indiquées dans la base CMR.

Pour l'étiquetage réglementaire des substances présentées dans la base CMR nous avons consulté plusieurs sources, notamment :

Les fiches toxicologiques de l'INRS. Février 2003 (consultables à l'adresse suivante : <http://www.inrs.fr/indexprodinfo.html>)

Ainsi que les fiches toxicologiques de l'ICSC qui sont parfois disponibles dans différentes langues et dont l'actualisation diffère selon les pays :

International Chemical Safety Cards. Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques. NIOSH - CDC – ISSP. Janvier 2003. (consultables à l'adresse suivante : <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/french.html>)



## 6 - Production et utilisation des substances CMR en France

### 6.1 La production des substances CMR

Des informations sur la production annuelle en France ainsi que sur les quantités importées exportées des substances chimiques classées CMR permettront de donner à chaque substance une importance quantitative sur sa présence potentielle dans les déchets.

Les quelques données que nous avons obtenues ont été trouvées auprès de la Société Française de Chimie (Données industrielles, économiques, géographiques sur les principaux produits chimiques, métaux et matériaux, J-L. Vignes, G. André, F. Kapala - 7<sup>ème</sup> édition, mise à jour 1997-98) : <http://www.sfc.fr/> (onglet "les dossiers de la SFC). Les informations recueillies dans cet ouvrage sont à jour pour l'année 1996, mais seulement 9 des 418 substances CMR y sont traitées.

Compte tenu de la masse d'informations à collecter dans le cadre de cette étude, et de la difficulté à les obtenir, nous n'avons pas privilégié la recherche de ce type de données. Si toutefois l'intérêt de cette rubrique est confirmé; il devrait être possible de l'alimenter en données françaises en consultant des organismes officiels tels que les DRIRE, la base SEPII de la CRAM Alsace, ou encore le Guide de la chimie – Rhodia.

Exemple de résultat obtenu pour le trioxyde de diantimoine :

The screenshot shows a software window titled "CMR - [T\_SubstancesCMR]". The main data entry area is for "Antimoine (trioxyde de di-)" with a red "145" in a box. The N°CAS is 1309-64-4. Below this is a table titled "Quantités produites/importées pour la France".

Production/Importation	Année	Quantité	Ref
Production	1991	760 t minerais	CB 003
Production	1992	arrêt d'exploitat	CB 003
Importation	1992	2 631 t minerais	CB 003
Exportation	1992	21 t minerais	CB 003
Importation	?	890 t d'oxydes	CB 003
Exportation	?	6 183 t d'oxyde	CB 003
*			

Pour chaque donnée, la référence du document ou de la source documentaire (site internet) est indiquée.

Des informations complémentaires sur l'importation et l'exportation des substances dangereuses au niveau européen sont disponibles sur le site du Bureau Européen des Substances Chimiques (ECB) <http://ecb.jrc.it/import-export/> : en particulier sur la base de données "EDEXIM on line" (European Database on EXport and IMport). Cette base de données n'était encore pas consultable en ligne en juillet 2003.

Si elle apparaissait nécessaire, une étude plus fine pourrait être réalisée sous forme d'enquête auprès des industriels producteurs et/ou utilisateurs pour documenter les substances organiques pour lesquelles les informations sont les plus difficiles à trouver, en particulier les intermédiaires de synthèses.

Lorsqu'une substance de la liste CMR fait l'objet d'interdiction ou de limitations strictes et réglementaires de son usage (certains solvants chlorés, pesticides, substances minérales...), cette information a été consignée d'une part sous forme d'une note indiquant la nature de la limitation (ex : amiante, benzidine), et d'autre part dans la rubrique "Utilisation" (ex : dichlorométhane, dieldrine, carbonate de nickel, tétrachlorure de carbone, pigments de cadmium). L'utilisation de la base de données permettra de trancher définitivement sur l'emplacement le plus pertinent de ce type d'information.

Ex : benzidine :

The screenshot shows the 'CMR - [T\_SubstancesCMR]' application window. The main data entry is for 'benzidine' with N°CAS 92-87-5. The 'Utilisation' field is highlighted with a red circle and contains the text 'Intermédiaire de synthèse industrielle organique'. Below this, a table displays the following data:

Code U.	N1	N2	N3	Note
43			07 01 01*	
43			07 01 04*	
43			07 01 08*	
43			07 01 10*	
43			07 01 11*	
*	0			

Ex : dieldrine :

The screenshot shows the 'CMR - [T\_SubstancesCMR]' application window. The 'Références CB' tab is active, and the search bar contains 'dieldrine'. The main data area shows the following information:

- Denomination Usuelle: dieldrine
- N°CAS: 60-57-1
- SubstanceCMR/INRS: [dropdown]
- CB: [checkbox]
- PHT: [dropdown]

The 'Utilisation' field is highlighted with a red circle and contains the text: "Matière active pour la préparation d'insecticides (interdite en agriculture depuis 1972)".

Code U.	N1	N2	N3	Note
0				

At the bottom, the status bar indicates 'Enr : 1 sur 1' and 'Enr : 241 sur 417'.

Certaines des substances référencées CMR ne sont pas produites volontairement, mais peuvent être issues de procédés industriels (ex : 2-méthyl-m-phénylènediamine, 2-nitronaphtalène) ou émises lors de la combustion incomplète de certaines substances (ex : 2-nitronaphtalène, benzo[j]fluoranthène et autres HAP...), voire produites lors de phénomènes naturels de fermentation (ex : acétaldéhyde, benzo[a]anthracène...). Cette information a été signalée le cas échéant, dans la rubrique "Utilisation".

Ex : acétaldéhyde

The screenshot shows the 'CMR - [T\_SubstancesCMR]' application window. The 'Références CB' tab is active, and the search bar contains 'acétaldéhyde'. The main data area shows the following information:

- Denomination Usuelle: acétaldéhyde
- N°CAS: 75-07-0
- SubstanceCMR/INRS: [dropdown]
- CB: [checkbox]
- PHT: [dropdown]

The 'Utilisation' field is highlighted with a red circle and contains the text: "Présent naturellement dans les végétaux, dans la fermentation alcoolique, dans les produits de décomposition des sucres dans le corps, sous produit de nombreuses réactions d'oxydation de composés hydrocarbonés".

Code U.	N1	N2	N3	Note
0				

At the bottom, the status bar indicates 'Enr : 1 sur 1' and 'Enr : 116 sur 417'.



Nous rappelons ici que certaines substances, connues pour leurs propriétés CMR, mais ne faisant pas partie de la liste des substances CMR de l'INRS, n'ont pas été traitées dans cette phase de l'étude. C'est le cas, par exemple, des dioxines.

## 6.2 Les substances CMR dans les différentes catégories de déchets dangereux

La plupart des déchets sont issus, directement ou indirectement, de la Fabrication, Formulation, Distribution et de l'Utilisation (FFDU) de substances, qu'elles soient CMR ou non. C'est une des voies qui a été utilisées pour la recherche des codes de déchets de la liste européenne correspondants à une substance, dans une utilisation définie.

Par exemple, les codes 08 04 09\*, 08 04 11\*, 08 04 13\*, 08 04 15\* et 08 04 17\* sont attribués au benzène en lien avec son utilisation comme intermédiaire de synthèse de colles et de résines synthétiques.

L'identification des déchets susceptibles de contenir des CMR a été faite en deux étapes :

- dans un premier temps, pour une substance donnée, l'inventaire des activités industrielles concernées par sa FFDU
- dans un second temps, pour les activités industrielles identifiées, et en association avec la nature chimique de la substance, la recherche des codes déchets dangereux susceptibles de la contenir

Exemple pour la Benzidine :

Utilisation 1 :

Intermédiaire de synthèse industrielle organique

CMR - [T\_SubstancesCMR]

Fichier Edition Affichage Insertion Format Enregistrements Outils Fenêtre ?

Références CB Références PhT Accédez directement à une substance : benzidine

Denomination Usuelle benzidine

155 N°CAS 92-87-5 SubstanceCMR/INRS

CB PHT:

Identification Classement CMR Docu Données phys-Chim (CB) VLEP (PhT) VTR (PhT) IBE (PhT) Analyse (CB) Prod/Impor (CB) Donnée

Subst	Code U	Utilisation	Code U.	N1	N2	N3	Note
155	43	Intermédiaire de synthèse industrielle organique	43			07 01 01*	
			43			07 01 04*	
			43			07 01 08*	
			43			07 01 10*	
			43			07 01 11*	
			*	0			

Ref: C8 002

Enr : 1 sur 5

Enr : 1 sur 4

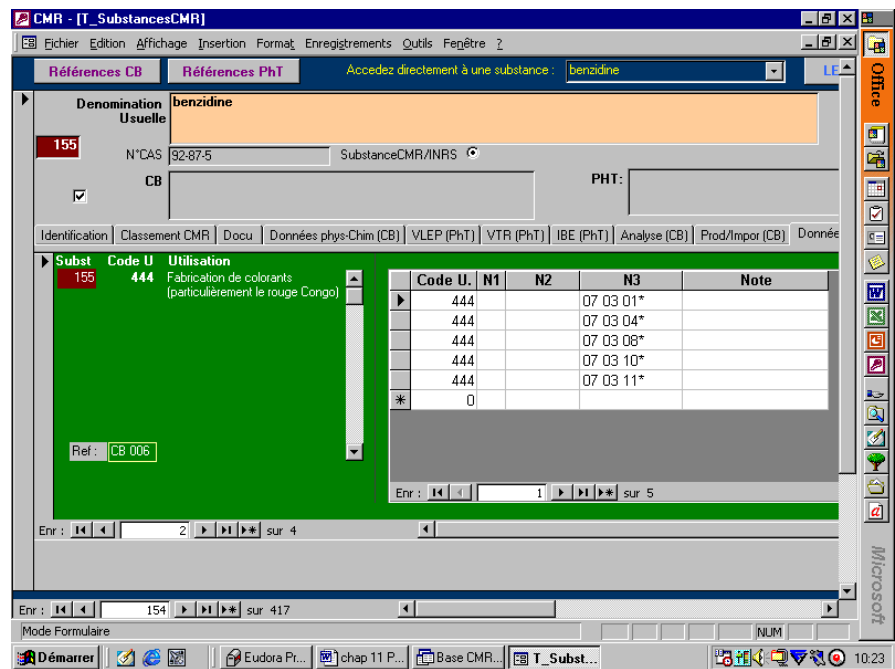
Enr : 154 sur 417

Mode Formulaire NUM

Démarrer Eudora Pr... chap 11 P... Base CMR... T\_Subst... 10:19

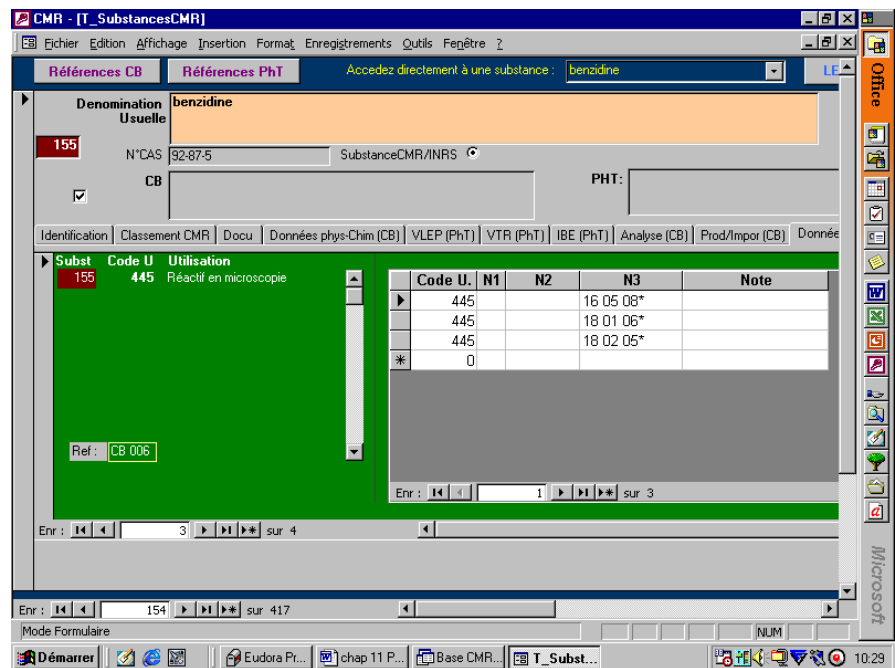
### Utilisation 2 :

Fabrication de colorants  
(particulièrement le rouge  
Congo)



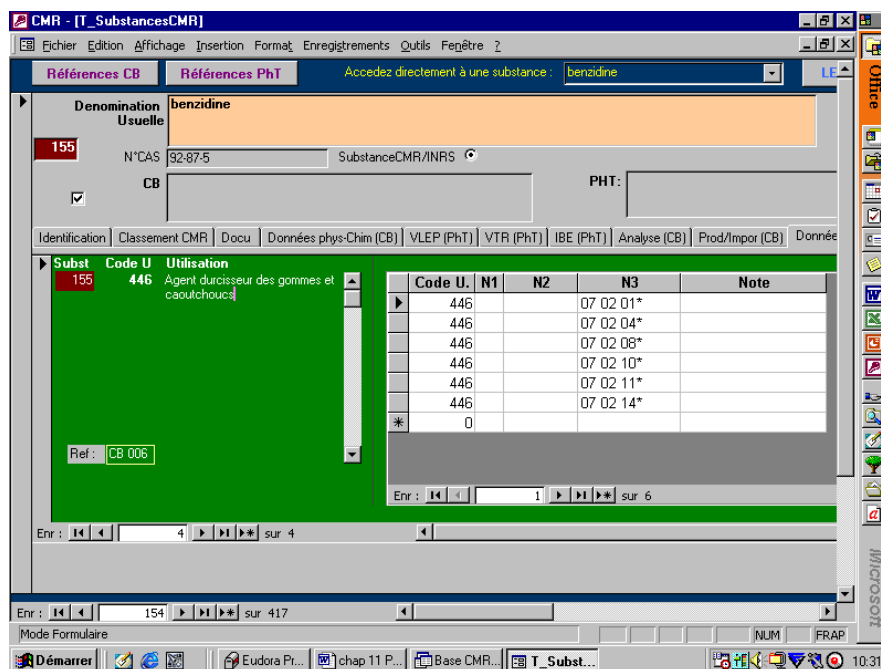
### Utilisation 3 :

Réactif en microscopie



#### Utilisation 4 :

Agent durcisseur  
des gommés et  
caoutchoucs



#### 6.2.1 Définition des secteurs industriels concernés par les substances CMR

L'objectif est, ici, d'établir, pour une substance CMR donnée, une liste aussi exhaustive que possible des déchets dangereux susceptibles de la contenir. Une étape préalable indispensable a consisté à inventorier les applications industrielles connues pour chacune des substances (de la fabrication à l'utilisation).

Les sources bibliographiques suivantes ont été consultées :

- les fiches toxicologiques INRS
- le site Internet de la Société Française de Chimie (<http://www.sfc.fr/>)
- le site Internet de la fédération des industries chimiques belges (Fedichem) (<http://www.tableauperiodique.be/>), limité aux substances minérales
- le site Internet de l'Environmental Protection Agency (USA) pour les pesticides (<http://www.epa.gov/pesticides/factsheet/chemicals>)
- le "Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals" (4<sup>ème</sup> édition, 2001, tomes 1 & 2) de K. Verschueren pour les substances organiques.

Le résultat du travail d'exploitation des données de cette bibliographie n'est pas exhaustif car il est limité aux informations disponibles dans les références citées. Il a de plus été considérablement

alourdi par le fait que la plupart des substances organiques sont connues sous plusieurs synonymes et noms commerciaux, alors que la liste des substances de l'INRS sur laquelle nous avons travaillé ne comportait aucun synonyme à l'origine et certaines sources bibliographiques ne permettent pas la recherche par numéro CAS.

Les fiches toxicologiques de l'INRS ne concernent qu'environ 90 substances de la liste CMR.

Sur les 417 substances de la liste CMR, environ 170 d'entre elles ont été renseignées pour ce qui est de leur utilisation industrielle (670 informations saisies). Pour plus de la moitié des substances, la rubrique "secteur industriel" n'a pas été renseignée, soit faute de les avoir trouvées dans les références bibliographiques consultées, et dans ce cas les recherches sont à poursuivre, soit que le travail reste à faire (compte tenu du temps alloué à cette partie de l'étude, seules les 200 premières substance dans l'ordre de la base ont été consultées dans le "Handbook" Verschueren).

Les informations saisies dans la rubrique "utilisations" ont été transcrites telles qu'elles se trouvaient dans la source bibliographique, sans interprétation ni homogénéisation. Elles sont relativement hétérogènes qualitativement et quantitativement.

Qualitativement, la précision des renseignements obtenus dépend principalement de la source, et de son ancienneté ; les fiches de l'INRS, relativement généralistes, étant souvent moins précises que les sources industrielles. Pour certaines substances, des informations telles que "intermédiaire de synthèse", "catalyseur" ou "alliages", manquent de précision pour nous permettre de les exploiter dans la seconde phase de la démarche.

Quantitativement, pour certaines substances, comme par exemple le benzène ou les formes de l'amiante, un grand nombre d'applications industrielles ont été recueillies, alors que pour de nombreuses autres substances les informations sont rares, voire inexistantes.

A cette étape d'élaboration de la base de données, il est important de garder en mémoire le fait que la rubrique concernant les utilisations industrielles a été renseignée à partir de cinq sources documentaires (dont l'une n'a été que partiellement exploitée), et de ne pas considérer les informations comme exhaustives car la variété des utilisations potentielles d'une substance donnée, organique ou minérale, est très large et n'est certainement pas recouverte intégralement par les données obtenues.

Pour alimenter cette rubrique, il serait nécessaire de compléter l'exploitation du Handbook de Verschueren, et de poursuivre les recherches, au minimum pour les substances pour lesquelles aucun renseignement n'a été obtenu.

### **6.2.2 Définition des déchets susceptibles de contenir des substances CMR**

Les industriels sont, dans leur ensemble, confrontés aux déchets, soit qu'ils en soient producteurs (et donc responsables), soit qu'ils les traitent ou les valorisent. L'objectif de cette étude étant d'apporter une contribution à l'identification des risques CMR pour les filières de traitement des déchets, nous avons développé une démarche qui permette de relier la nomenclature existante de la liste européenne des déchets (décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets) avec les substances de la liste de l'INRS, c'est à dire que nous avons établi une méthodologie pour rattacher une substance de la liste des CMR aux codes de déchets dans lesquels leur présence est vraisemblable. A titre de démonstration, cette démarche a été appliquée à une vingtaine de substances.

Pour cela nous avons, à partir des informations issues de la phase de recherche documentaire précédente, relié chacun des secteurs industriels concernés par une substance donnée à un ou plusieurs types de déchets de la liste européenne.

La base de données CMR permet deux types d'exploitation de ces informations :

- soit, à partir d'une substance CMR, de lister les déchets qu'elle est susceptible de contaminer
- soit, à partir du numéro code d'un déchet donné, de lister les substances CMR qu'il est susceptible de contenir.

Dans les deux cas, ces informations (liste des déchets potentiellement contaminés par une substance CMR et liste de substances CMR dans un déchet) ne sont pas exhaustives pour les raisons développées plus haut. A cette phase de l'étude, les informations lacunaires obtenues permettront de raccorder à la liste européenne des déchets uniquement les substances CMR pour lesquelles des informations techniques (production, utilisation) suffisantes auront été obtenues. Les liens pourront être étoffés et alimentés parallèlement à l'obtention de nouvelles informations, et par le moyen d'enquêtes auprès des industriels du secteur du déchet.

Dans l'esprit de cette étude qui a pour objectif "*l'aide à l'identification des risques CMR pour les filières de traitement des déchets*", et pour conserver à la base de données un caractère pratique et utilisable, les principes suivants ont été retenus :

- Pour chacune des 20 substances renseignées, seuls les codes de déchets correspondant à des déchets dangereux ont été retenus.
- Seules les informations d'utilisation suffisamment précises ont été exploitées. Par exemple, l'information "synthèse organique", très imprécise, n'a pas été raccordée avec l'ensemble des codes des déchets reliés au secteur de la chimie organique (chapitre 07)

- Le travail de croisement des informations sur l'utilisation industrielle des substances avec la liste européenne des déchets est effectué, au niveau d'information atteint à cette date, pour une vingtaine de substances organiques et minérales (soit environ 400 codes déchets correspondants). Cette démarche serait à poursuivre dans une seconde phase de l'étude.

Au cours du travail de croisement des informations sur l'utilisation industrielle des substances avec la liste européenne des déchets, les points suivants sont apparus :

➤ **La suspicion de présence de substances dangereuses dans des déchets qui ne sont pas classés dangereux.** C'est, par exemple, le cas du **sulfate de cobalt** utilisé comme pigment pour verres et céramiques (code 08 02) ou comme déchets provenant de la fabrication des produits en céramiques, briques, carrelages et matériaux de construction (10 12) A cette occasion, nous signalons que les déchets de ce type ne sont pas identifiés comme déchets dangereux :

- 08 02 01 (déchets de produits de revêtements en poudre),
- 08 02 02 (boues aqueuses contenant des matériaux céramiques),
- 08 02 03 (suspensions aqueuses contenant des matériaux céramiques),
- 08 02 99 (déchets non spécifiés ailleurs),
- 10 12 01 (déchet de préparation avant cuisson),
- 10 12 03 (fines et poussières), 10 12 08 (déchets de produits en céramique, briques, carrelage, et matériaux de construction après cuisson),
- 10 12 12 (déchets d'émaillage autres que ceux visés à la rubrique 10 12 11\*),
- 10 12 13 (boues provenant du traitement in situ des effluents),

Le déchet 10 12 11\* (déchet d'émaillage contenant des métaux lourds) est dangereux, mais le cobalt ne faisant pas partie de la liste des "métaux lourds" du décret 2002-540 relatif à la classification des déchets, le sulfate de cobalt n'est pas concerné.

Dans cette catégorie d'utilisation , le sulfate de cobalt pourrait être relié à un dernier déchet : le 10 12 09\* (déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses). En effet, le sulfate de cobalt est reconnu comme cancérigène par inhalation de catégorie 2 ; sa présence en concentration égale ou supérieure à 0,1% rend le déchet dangereux (décret 2002-540).

Un autre exemple de ce type est l'**acrylamide** (cancérigène catégorie 2, mutagène catégorie 2 et toxique pour la reproduction catégorie 3) dont l'utilisation industrielle comme adjuvant de fabrication du papier ne peut être reliée à aucun code de déchet dangereux (aucun déchet dangereux dans la catégorie 03 03 (déchets provenant de la production et de la transformation de papier, de carton, et de pâte à papier).

- **La présence, en concentrations significatives, de substances CMR dans des matériaux d'utilisations courantes.** Par exemple, le trioxyde de d'antimoine (cancérogène suspecté, R40, catégorie 3) dont la présence à une concentration supérieure ou égale à 1% rendrait un déchet dangereux. Il est utilisé pour ses propriétés ignifugeantes dans la fabrication du PVC (de 5 à 15%) et du polystyrène (jusqu'à 7%) employés dans le bâtiment, l'automobile et les câbles. Cette utilisation n'a été raccordée à aucun déchet. Son emploi comme opacifiant pour verre, céramiques et émaux, et son appartenance à la liste des "métaux lourds" du décret 2002-540 ont permis de le raccorder à des codes de déchets : 10 11 09\* (déchets de préparation avant cuisson contenant des substances dangereuses) et 10 12 11\* (déchets d'émaillage contenant des métaux lourds). En revanche, les autres déchets de la rubrique 10 12 (déchets provenant de la fabrication des produits en céramiques, briques, carrelages et matériaux de construction), tout comme ceux de la rubrique 06 11 (déchets provenant de la fabrication des pigments inorganiques et des opacifiants) ne sont pas reconnus dangereux, et n'ont donc pas été pris en compte.
- **L'existence de substances CMR qui ne sont pas présentes dans le déchet initial mais peuvent être émises lors de phases du traitement.** C'est le cas de certains hydrocarbures aromatiques polycycliques tels que le benzo(j)fluoranthène ou benzo(k)fluoranthène, qui peuvent être produits lors de la combustion incomplète de divers matériaux (pneus par exemple), ou le monoxyde de carbone, produit lors de nombreuses opérations industrielles ou domestiques (utilisation de moteurs à explosion, d'explosifs, d'appareils de chauffage à charbon à gaz ou à hydrocarbures liquides...). Cette production a été signalée pour information, mais n'a pas été reliée à un type de déchet puisque la substance n'est pas initialement présente dans le déchet.
- **Des informations trop vagues sur certaines utilisations de substances ne nous ont pas permis d'y associer de déchet.** Par exemple, l'utilisation du **dichloroéthane** comme fluide réfrigérant sans autre précision sur les applications, ne permet pas de faire un lien avec un code de déchet.
- **La question s'est posée de la présence effective dans les déchets de substances CMR dont la nature est gazeuse dans les conditions normales de température et de pression.** Il s'agit en particulier :
  - du **chlorométhane** (fabrication de caoutchouc, agent de méthylation, extraction des graisses et parfums, fluide réfrigérant, propulseur d'aérosol, agent gonflant),
  - du **1,3-butadiène** (intermédiaire de synthèse de caoutchoucs, de résines, latex, néoprène, nylon...),
  - du **bromométhane** (fumigation des sols et des bâtiments, intermédiaire de synthèse organique),

- du **formaldéhyde** (fabrication de matières plastiques, d'engrais, de divers produits chimiques et de désinfectants, utilisation dans les industries du textile, du papier, du cuir, et des colorants),
- du **monoxyde de carbone** (combustible, agent réducteur en métallurgie, régénération des catalyseurs, intermédiaire de synthèse de nombreux composés organiques, produit lors de nombreuses opérations industrielles ou domestiques...),
- de l'**oxyde d'éthylène** (matière première pour la synthèse organique, stérilisation du matériel chirurgical, fumigation des épices). Il est possible que la substance utilisée comme agent gonflant soit présente par exemple dans des mousses, ce qui permettra un lien avec le ou les déchet(s) correspondant(s) – par exemple des résidus de broyage automobile, mais l'utilisation en fumigation ne permet pas de faire d'association avec un déchet potentiellement contaminé.

Ceci étant, les substances CMR gazeuses dans les conditions normales représentent un faible **pourcentage** de la liste totale des substances classées CMR.

Pour les vingt substances CMR reliées à des codes de déchets, nous avons pris le parti d'y associer uniquement les déchets classés dangereux par la réglementation (décret 2002-540). Si, dans une seconde phase de l'étude, les utilisateurs de la base de données en formulent la demande, il sera possible d'associer à une substance donnée tous les déchets dans lesquels elle est susceptible d'être présente, que ces déchets soient dangereux ou non.





## **7 - Les substances CMR d'intérêt pour l'évaluation du risque chez les travailleurs**

Afin d'aider les industriels à identifier les risques CMR pour les filières de traitement des déchets, nous avons notamment comme objectif de définir des critères en vue d'un classement des substances à retenir en priorité dans une démarche d'évaluation du risque des substances CMR vis-à-vis des travailleurs de ces filières.

Pour élaborer des propositions allant dans ce sens, nous avons recherché des éléments dans différents domaines des connaissances que nous allons présenter ici.

Les connaissances recherchées peuvent être de nature toxicologique ou épidémiologique afin de préciser le potentiel dangereux des substances CMR notamment dans le contexte particulier des filières de traitement des déchets. Ces connaissances sont issues des études scientifiques publiées. Une présentation des résultats de notre recherche bibliographique figure en annexe I pour les effets sanitaires décrits chez les travailleurs des sites de déchets. Les études indiquent des effets imputés aux installations de traitement des déchets sans que la responsabilité de telle ou telle substance puisse être retenue. Les émissions des installations sont considérées dans leur ensemble et l'exposition des travailleurs (ou des riverains) résulte du mélange complexe qu'elles constituent.

Le classement de la substance en tant que CMR (par exemple le caractère cancérigène avéré ou classement en catégorie I d'une substance classée C...) qui est le résultat de l'évaluation des connaissances toxicologiques et épidémiologiques par des groupes d'experts, fournit des éléments pour le choix des substances d'intérêt pour l'évaluation du risque chez les travailleurs. Une comparaison du classement des substances effectué par les principaux organismes (UE et CIRC notamment) aidera pour le choix des substances d'intérêt.

Dans le cas des études des risques sanitaires pour les populations riveraines des sites, la disponibilité de valeur toxicologique de référence sera un critère de choix des substances car l'existence de données toxicologiques établissant la relation dose-réponse pour une substance est recherchée dans ces études afin de pouvoir conduire une évaluation quantitative du risque sanitaire (Annexe VI).

Afin d'apporter aux industriels des connaissances relatives au potentiel d'exposition des substances CMR, nous avons recherché les études qui traitent de l'exposition des travailleurs aux substances CMR. Les résultats de cette recherche sont présentés à l'annexe II. Les études permettent d'établir une liste des substances identifiées dans l'air ambiant des sites de traitement des déchets ou celles qui ont fait l'objet de mesures de leur concentration dans l'air. Les connaissances relatives aux mesures dans les milieux biologiques chez les travailleurs des filières de traitement des déchets qui complètent les données précédentes sont également présentées dans l'annexe II.

Les effectifs de travailleurs potentiellement exposés aux substances cancérigènes en France fournissent une information supplémentaire pour établir une hiérarchie des substances à retenir pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets.

Les connaissances portant sur la production des substances CMR en France, leur utilisation industrielle et la quantité des déchets produits par les secteurs industriels concernés complètent les critères de choix relatifs au potentiel d'exposition des substances CMR vis-à-vis des travailleurs.

L'existence de valeur limite en milieu de travail, la disponibilité de méthodes pour la mesure de la substance dans l'air de travail (méthode de terrain d'une part, méthode de laboratoire d'autre part) et la disponibilité d'un indice biologique d'exposition pour la substance et d'un laboratoire pour en effectuer la mesure seront abordés dans le prochain chapitre. Lorsqu'ils sont disponibles, ces différents outils sont utiles au travail d'évaluation du risque. Ils pourront influencer sur le choix de retenir ou non une substance pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs. L'annexe V présente les données générales relatives aux différents outils de surveillance de l'exposition des travailleurs (VLEP et IBE) produits par les organismes officiels dans les différents pays en Europe et en Amérique du Nord.

## **7.1 Les substances CMR citées dans la littérature**

La lecture de la bibliographie relative à l'exposition des travailleurs ou aux effets en rapport avec les substances CMR dans les filières de traitement des déchets (voir Annexe II) permet d'établir une liste de substances citées dans les études publiées.

Les études qui citent les substances indiquées sont en petit nombre. Certaines substances ne sont citées que par une des études recensées. Parfois il s'agit d'une substance spécifique d'un procédé industriel particulier. Les informations sur les procédés industriels contenues dans les études sont très limitées.

Sans faire de hiérarchie entre les substances ni retenir de fréquence de citation dans les études, nous avons classé les substances citées dans les études selon qu'elles figurent ou pas dans la liste des substances classées CMR par l'UE.

Ces polluants appartiennent à un large éventail de familles chimiques. Les connaissances toxicologiques les concernant sont le plus souvent bien établies. Leur classement dans les différentes catégories de substances CMR de l'UE ou des autres organismes (CIRC notamment) est présenté dans la base CMR. Nous avons fait une présentation du classement par les deux organismes des 27 substances citées dans la littérature dans le tableau 1.

L'ensemble des substances citées dans la littérature, présentes dans la liste de l'UE comme non présentes, devraient, selon nous, faire partie d'une liste des substances d'intérêt en vue de l'évaluation du risque des substances CMR pour les travailleurs des filières de traitement des déchets.

Dans le cas des métaux, quelle est la forme chimique à retenir comme substance d'intérêt ? Certains métaux indiqués ci-dessous figurent dans la liste de l'UE sous la forme de composés spécifiques (arsenic, cadmium), alors que d'autres apparaissent également en tant que métal (nickel) ou que métal et ses composés (chrome VI et plomb).

#### **7.1.1 Les 24 substances classées CMR par l'UE citées dans la littérature**

Benzène (CAS 71-43-2), perchloréthylène (CAS 127-18-4), trichloréthylène (CAS 79-01-6), chloroforme (CAS 67-66-3),

Chlorure de vinyle (CAS 75-01-4),

Di-2-éthylhexyl phtalate (CAS 117-81-7),

Benzidine (CAS 92-87-5),

Hexachlorobenzène (CAS 118-74-1),

2,4,6-trichlorophénol (CAS 88-06-2), pentachlorophénol (CAS 87-86-5),

Monoxyde de carbone (CAS 630-08-0),

Acétaldéhyde (CAS 75-07-0), formaldéhyde (CAS 50-00-0),

Acrylonitrile (CAS 107-13-1),

Hydrazine (CAS 302-01-2),

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ; benzo(a)pyrène (CAS 50-32-8),

benzo(a)anthracène (CAS 56-55-3), benzo(k)fluoranthène (CAS 207-08-9), dibenzo(a,h)anthracène (CAS 53-70-3),

Plomb, arsenic, cadmium, chrome, nickel.

Pour les métaux aucune mention de la forme chimique n'est donnée dans les diverses études recensées.

#### **7.1.2 Les 3 substances citées dans la littérature non classées CMR par l'UE mais classées par le CIRC**

Dioxines, furannes, PCDD/PCDF, 2,3,7,8-TCDD (CAS 1746-01-6),

Biphényles polychlorés (CAS 1336-36-3),

Silice cristalline (CAS 14808-60-7).

Une première liste de 27 substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets est extraite des données de la littérature relative à ces filières (tableau 1).

**Tableau 1 : Classement des 27 substances CMR citées dans la littérature selon les classements de l'UE et du CIRC**

ID CMR	Substances	CMR UE	CANCEROGENES CIRC
148	arsenic (trioxyde de di-)	Cancérogène cat 1	Groupe I (As et ses composés)
154	benzène	Cancérogène cat 1	Groupe I
155	benzidine	Cancérogène cat 1	Groupe I
218	chlorure de vinyle	Cancérogène cat 1	Groupe I
220	chrome (trioxyde de)	Cancérogène cat 1	Groupe I (Cr et ses composés)
317	nickel (dioxyde de)	Cancérogène cat 1	Groupe I
131	acrylonitrile	Cancérogène cat 2	Groupe II B
160	benzo(a)anthracène	Cancérogène cat 2	Groupe II A
161	benzo(a)pyrène	Cancérogène cat 2	Groupe II A
165	benzo(k)fluoranthène	Cancérogène cat 2	Groupe II B
189	cadmium (chlorure de)	Cancérogène cat 2	Groupe I (Cd et ses composés)
238	dibenzo(a,h)anthracène	Cancérogène cat 2	Groupe II A
277	hexachlorobenzène	Cancérogène cat 2	Groupe II B
279	hydrazine	Cancérogène cat 2	Groupe II B
397	trichloroéthylène	Cancérogène cat 2	Groupe II A
55	2,4,6-trichlorophénol	Cancérogène cat 3	NC
117	acétaldéhyde	Cancérogène cat 3	Groupe II B
271	formaldéhyde	Cancérogène cat 3	Groupe II A
342	pentachlorophénol	Cancérogène cat 3	Groupe II B
356	plomb (chromate de)	Cancérogène cat 3	Groupe I
388	tétrachloroéthylène	Cancérogène cat 3	Groupe II A
398	trichlorométhane	Cancérogène cat 3	Groupe II B
161	benzo(a)pyrène	Mutagène cat 2	
189	cadmium (chlorure de)	Mutagène cat 2	
397	trichlorométhane	Mutagène cat 3	
300	monoxyde de carbone	Reproduction cat 1	
356	plomb (chromate de)	Reproduction cat 1 et 3	
161	benzo(a)pyrène	Reproduction cat 2	
189	cadmium (chlorure de)	Reproduction cat 2	
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	Reproduction cat 2 et 3	
	2,4,7,8-TCDD	NC	Groupe I
	Silice cristalline	NC	Groupe I
	Biphényles polychlorés	NC	Groupe II A

## **7.2 Les effectifs des travailleurs potentiellement exposés aux substances cancérigènes en France**

Les effectifs de travailleurs exposés aux substances CMR constituent une information importante parmi les critères de choix des substances d'intérêt en vue de l'évaluation du risque chez les travailleurs.

Les résultats des estimations issues du système international d'information sur l'exposition professionnelle aux agents cancérigènes en Europe (étude CAREX) sont présentés en annexe II.

A partir des données françaises qui en sont extraites, il est possible de classer les substances citées dans la littérature selon les estimations des effectifs de travailleurs exposés (tableau 2).

L'information n'est pas connue pour toutes les substances. Quelques-unes des substances pour lesquelles l'information est disponible dans l'étude CAREX sont parmi celles qui recueillent les plus grands effectifs de travailleurs exposés dans notre pays. Ce renseignement nous semble renforcer l'intérêt de retenir ces substances dans une liste des substances d'intérêt en vue de l'évaluation du risque des substances CMR des travailleurs des filières de déchets.

**Tableau 2 : Estimation du nombre de travailleurs exposés en France par agent cancérigène**

<b>Substances</b>	<b>Effectifs des travailleurs exposés*</b>
Formaldéhyde	307 025
Tétrachloroéthylène	140 913
Plomb et composés du plomb inorganiques	135 474
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) sauf fumée de tabac	117 202
Trichloroéthylène	111 672
Silice cristalline	108 164
Benzène	69 575
Chrome VI et ses composés	67 961
Composés du Nickel	46 541
Arsenic et ses composés	25 920
Cadmium et ses composés	22 034
Pentachlorophénol	9 794
Chlorure de vinyle	7 951
Acrylonitrile	5 925
Polybiphényles chlorés(PCB)	5 311
Benzidine	1 595
1,2,3-Trichloropropane	227
Para-chloro-ortho-toluidine et ses sels d'acides forts	193
Phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	124

\*Source Carex/

<sup>7</sup> Carex. Système international d'information sur l'exposition professionnelle aux agents cancérigènes en Europe. Note documentaire de l'INRS, ND 2113-176-99.

### **7.3 La production des substances CMR en France et les substances CMR dans les déchets dangereux**

En l'état actuel, ce chapitre n'apporte pas d'argument pour définir une liste de substances sur lesquelles se pencher prioritairement.

Lorsque le recueil de données sera plus avancé, il sera envisageable d'affecter des tonnages aux différents déchets (tonnages traités en France les dernières années... données à trouver...) et ainsi déterminer les substances CMR les plus "fréquentes" en terme de quantité (tonnes de déchets concernés par une substance), ou en nombre de catégories de déchets (numéro code LED) potentiellement contaminés par une même substance.

A l'heure actuelle, la base de données est encore trop lacunaire pour permettre de faire ce genre de statistiques aussi ne pouvons-nous pas en tirer des arguments pour le choix des substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets.

### **7.4 Les substances CMR non citées dans la bibliographie**

Parmi les substances classées CMR par l'UE ou par le CIRC mais non citées dans la littérature, un certain nombre pourrait prétendre au statut de substance prioritaire pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets.

En fonction des données dont nous disposons pour cela, nous avons proposé de retenir quelques substances en vue de les inclure dans la liste des substances d'intérêt en vue de l'évaluation du risque CMR de ces filières.

#### **7.4.1 Les substances classées CMR par l'UE**

En l'état du recueil d'informations auquel nous avons procédé, nous manquons d'éléments pour effectuer une sélection parmi les 383 substances de la liste principale de l'UE non citées dans la littérature.

Les données de production ou de présence dans les déchets sont encore insuffisantes pour nous orienter dans ce choix.

Si l'on se réfère à la liste des substances de l'étude CAREX et aux effectifs de travailleurs potentiellement exposés en France (voir en Annexe II), certaines substances classées CMR par l'UE pourraient mériter d'être retenues dans le contexte des filières de traitement des déchets. C'est le cas

des substances suivantes présentées selon les effectifs des travailleurs potentiellement exposés en France : cobalt et ses composés (36 138), acrylamide (13 043), béryllium et ses composés (11 620), 1,3-butadiène (9 584).

Le dichlorure de cobalt et le sulfate de cobalt sont les deux substances classées en catégorie 2 des substances cancérigènes dans la liste principale de l'UE alors que le cobalt et ses composés évalués en groupe sont classés dans le groupe 2 B du CIRC. L'acrylamide est classé cancérigène catégorie 2, mutagène catégorie 2 et toxique pour la reproduction catégorie 3 par l'UE alors qu'il est classé dans le groupe 2 A des cancérigènes pour le CIRC. Dans la liste principale de l'UE trois substances sont classées pour le béryllium. Le béryllium métal est classé cancérigène de catégorie 2, de même que les composés du béryllium et que l'oxyde de béryllium alors que le béryllium et ses composés évalués en groupe sont classés dans le groupe 1 par le CIRC. Le 1,3-butadiène est cancérigène de catégorie 1 pour l'UE et mutagène de catégorie 2. Il est classé dans le groupe II A par le CIRC.

#### **7.4.2 Les substances classées cancérigènes par le CIRC ne figurant pas dans la liste principale des substances CMR de l'UE**

Le classement des substances cancérigènes par le CIRC constitue le classement de référence parmi les scientifiques. Afin de sélectionner des substances d'intérêt aussi bien parmi les substances classées CMR par l'UE que parmi les substances classées par l'organisme de référence, nous avons recherché quelles étaient les substances classées par le CIRC qui n'apparaissaient pas dans la liste principale des substances de l'UE.

Dans la liste principale des substances CMR de l'UE, nous trouvons 9 substances sur les 88 figurant dans le groupe I du CIRC, 25 sur les 64 figurant dans le groupe IIA et 67 sur les 236 figurant dans le groupe IIB.

Les dix substances indiquées ci-dessous classées dans l'un des groupes du CIRC nous ont paru devoir être ajoutées à la liste principale des substances de l'UE dans le cadre de ce rapport en raison de leur intérêt vis-à-vis des filières de traitement des déchets.

La sélection des substances classées dans les différents groupes du CIRC bien que non présentes dans la liste principale des substances CMR de l'UE est la suivante :

- Substances présentes dans le groupe 1 du CIRC :

2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxine (CAS 1746-01-6)

Silice cristalline (CAS 14808-60-7)

- Substances présentes dans le groupe II A du CIRC :

Para-chloro-ortho-toluidine (CAS 95-69-2)

Trichloro-1,2,3 propane (CAS 96-18-4)



Chlorure de benzoyle (CAS 98-88-4)

Phosphate de tris(2,3-dibromopropyle) (CAS 126-72-7)

Fluorure de vinyle (CAS 75-02-5)

et parmi les mélanges :

Biphényles polychlorés (PCB) (CAS 1336-36-3)

- Substances présentes dans le groupe II B

Benzofuranne (CAS 271-89-6)

Bromodichlorométhane (CAS 75-27-4)

Les 3 premières substances indiquées dans le tableau 3 apparaissent déjà parmi les substances citées dans la littérature et devraient faire partie d'une liste des substances d'intérêt en vue de l'évaluation du risque CMR pour les travailleurs des filières de déchets.

Pour les 7 autres substances indiquées dans le tableau 3, elles pourraient être également retenues dans le cadre d'une évaluation des risques CMR dans le contexte des filières de traitement des déchets. Cependant, malgré leur intérêt du fait de leur classement par le CIRC, ces substances ne sont pas citées dans la littérature recensée et les effectifs de travailleurs qui y sont exposés en France selon l'étude CAREX sont plutôt réduits.

Les données relatives à ces dix substances ont été rassemblées dans la base CMR avec celles des 407 substances de la liste de l'UE.

Pour établir la sélection des substances indiquées ci-dessus, dans les groupes I et II A du CIRC, pour les agents et groupes d'agents, nous n'avons pas considéré les substances citées en tant que médicaments ou produits utilisés en laboratoire ni les agents biologiques ou les agents physiques qui constituent l'essentiel des cancérogènes du groupe I.

Dans le groupe II B, nous disposons de peu d'éléments pour sélectionner plutôt l'une ou l'autre des substances.

## **7.5 Le classement des substances CMR par les différents organismes**

Pour aider au choix des substances d'intérêt, qui peuvent ne pas avoir été classées par l'UE mais l'être par d'autres organismes, et permettre une comparaison entre les classements d'une même substance par les différents organismes, nous avons indiqué dans la base CMR, le classement des substances par différents organismes officiels (CIRC, US-EPA, ACGIH, OSHA, NIOSH, NTP, BIA).

Les classifications des substances CMR par les autres organismes que l'UE ou le CIRC sont présentées en annexe IV du rapport.

Pour les classifications par les organismes nationaux américains (US-EPA, ACGIH, NIOSH et OSHA) et allemand (BIA) nous avons consulté la compilation suivante établie par l'ACGIH : Guide to occupational exposure values 2003. ACGIH.

Nous présentons dans le tableau 3, le classement par les différents organismes des 10 substances classées dans les différents groupes du CIRC bien que non présentes dans la liste principale des substances CMR de l'UE.

Nous avons indiqué dans le tableau 4, le classement des 22 substances cancérigènes citées dans la littérature et présentes dans la liste de l'UE selon les classifications de l'UE, du CIRC et des différents organismes nationaux. On notera que les substances classées en catégorie 1 par le CIRC le sont également par l'UE à l'exception du chromate de plomb classé en catégorie 3 par l'UE. Pour les autres substances, le classement diffère assez peu entre les deux organismes. Les substances classées 2 A par le CIRC sont en catégorie 2 ou 3 de l'UE. Il en est de même des substances classées 2 B par le CIRC.

Notons également dans le tableau 4 que l'arsenic est classé dans le Groupe 1 du CIRC pour l'arsenic et ses composés (CAS 7440-38-2) que le cadmium est classé dans le Groupe 1 du CIRC pour le cadmium et ses composés (CAS 7440-43-9) et que le chrome est classé dans le Groupe 1 du CIRC pour les composés du chrome hexavalent (CrVI).

Quelques-unes des substances du tableau 4 sont également classées mutagènes ou toxiques pour la reproduction. C'est le cas du benzo(a)pyrène (CAS 50-32-8) classé Cancérigène Cat 2, Mutagène Cat 2 et Toxique pour la Reproduction Cat 2, du chlorure de cadmium (CAS 10108-64-2) classé Cancérigène Cat 2, Mutagène Cat 2 et Toxique pour la Reproduction Cat 2, du chromate de plomb (CAS 7758-97-6) classé Cancérigène Cat 3 et Toxique pour la Reproduction Cat 1 et 3 et du trichloréthylène (CAS 79-01-6) classé Cancérigène Cat 2 et Mutagène Cat 3.

Enfin deux substances figurant dans la liste principale de l'UE n'apparaissent pas dans le comparatif du tableau 3. Le monoxyde de carbone (CAS 630-08-0) n'est pas classé cancérigène par l'UE mais il est classé Toxique pour la Reproduction Cat 1. Le phtalate de bis(2-éthylhexyle) (CAS 117-81-7) n'est pas classé cancérigène par l'UE mais apparaît dans le classement Toxique pour la Reproduction Cat 2 et 3.

Le cas du 2,4,6-trichlorophénol, classé dans la catégorie 3 des cancérigènes de l'UE, est à part parmi les substances présentées au tableau comparatif puisqu'il s'agit de la seule substance qui n'est classée que par un seul organisme.

Le classement des différentes substances d'intérêt dans l'un ou l'autre de ces classements peut contribuer à établir une hiérarchie entre les substances lors du choix de ces substances en vue de l'évaluation des risques CMR pour les travailleurs.

## **7.6 Résumé des critères de sélection de substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets**

Au total, nous disposons d'une première liste de substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR dans les filières de déchets constituées des 27 substances citées dans la bibliographie des études relatives aux expositions et aux effets sanitaires en rapport avec des installations de traitement des déchets.

Ces substances sont classées dans les différentes catégories des substances CMR de l'UE pour 24 d'entre elles et dans les catégories des substances cancérigènes du CIRC pour les 3 autres.

A ces 27 substances d'intérêt, nous pourrions ajouter 4 substances, classées CMR par l'UE et par le CIRC, en raison des effectifs de travailleurs potentiellement exposés selon les résultats de l'étude CAREX.

En raison de leur intérêt dans le contexte particulier des filières de traitement des déchets, nous pourrions également ajouter à la liste des substances d'intérêt, bien que la littérature ne les cite pas, 4 substances classées CMR par l'UE ainsi que 5 substances que le CIRC classe en catégorie IIA et 2 substances qu'il classe en catégorie IIB.

La liste des 42 substances d'intérêt ainsi déterminées figure dans le tableau 5.

**Tableau 3 : Classement comparatif des 10 substances cancérigènes classées dans les différents groupes du CIRC et non présentes dans la liste principale des substances CMR de l'UE**

Dénomination usuelle	N°CAS	Classement CMR UE	CIRC	US-EPA 1986	NIOSH	NTP	ACGIH	MAK
2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	<b>NC</b>	Groupe 1		NIOSH-Ca	NTP-K		MAK-4
Biphényles polychlorés	1336-36-3	<b>NC</b>	Groupe 2A	Classe B2		NTP-R		
Silice cristalline	14808-60-7	<b>NC</b>	Groupe 1	Classe B1	NIOSH-Ca	NTP-K	TLV-A2	MAK-1
4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2	<b>NC</b>	Groupe 2A			NTP-R		MAK-1
1,2,3-trichloropropane	96-18-4	<b>NC</b>	Groupe 2A		NIOSH-Ca	NTP-R		MAK-2
Chlorure de benzoyle	98-88-4	<b>NC</b>	Groupe 2A				TLV-A4	
Phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7	<b>NC</b>	Groupe 2A					
Fluorure de vinyle	75-02-5	<b>NC</b>	Groupe 2A			NTP-R	TLV-A2	
Benzofuranne	271-89-6	<b>NC</b>	Groupe 2B					
Bromodichlorométhane	75-27-4	<b>NC</b>	Groupe 2B					

**Tableau 4 : Classement comparatif des 22 substances cancérigènes citées dans la littérature et présentes dans la liste principale des substances CMR de l'UE**

N°	Dénomination usuelle	N°CAS	Classement CMR UE	Phrase de risque	CIRC	US-EPA 1986	US-EPA 1996	NIOSH	NTP	ACGIH	OSHA	MAK
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2	Cancérogène cat 3	R40								
117	acétaldéhyde	75-07-0	Cancérogène cat 3	R40	Groupe 2B	Classe B2		NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A3		
131	acrylonitrile	107-13-1	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2B	Classe B1		NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A3	OSHA-Ca	MAK-2
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	Cancérogène cat 1	R45						TLV-A1		MAK-1
154	benzène	71-43-2	Cancérogène cat 1	R45	Groupe 1	Classe A		NIOSH-Ca	NTP-K	TLV-A1	OSHA-Ca	MAK-1
155	benzidine	92-87-5	Cancérogène cat 1	R45	Groupe 1	Classe A	Classe K	NIOSH-Ca	NTP-K	TLV-A1	OSHA-Ca	MAK-1
160	benzo(a)anthracène	56-55-3	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2A	Classe B2			NTP-R	TLV-A2		MAK-2
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2A	Classe B2		NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A2		MAK-2
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2B							
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	Cancérogène cat 2	R45								
218	chlorure de vinyle	75-01-4	Cancérogène cat 1	R45	Groupe 1	Classe A	Classe K	NIOSH-Ca	NTP-K	TLV-A1	OSHA-Ca	MAK-1
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	Cancérogène cat 1	R49								
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2A							
271	formaldéhyde	50-00-0	Cancérogène cat 3	R40	Groupe 2A	Classe B1		NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A2	OSHA-Ca	MAK-4
277	hexachlorobenzène	118-74-1	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2B	Classe B2			NTP-R	TLV-A3		MAK-4
279	hydrazine	302-01-2	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2B	Classe B2		NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A3		MAK-2
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	Cancérogène cat 1	R49	Groupe 1			NIOSH-Ca	NTP-K			MAK-1
342	pentachlorophénol	87-86-5	Cancérogène cat 3	R40	Groupe 2B	Classe B2				TLV-A3		MAK-2
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	Cancérogène cat 3	R40	Groupe 1	Classe A		NIOSH-Ca	NTP-K	TLV-A2		MAK-3B
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	Cancérogène cat 3	R40	Groupe 2A			NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A3		MAK-3B
397	trichloroéthylène	79-01-6	Cancérogène cat 2	R45	Groupe 2A			NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A5		MAK-1
398	trichlorométhane	67-66-3	Cancérogène cat 3	R40	Groupe 2B	Classe B2		NIOSH-Ca	NTP-R	TLV-A3		MAK-4

**Tableau 5 : Proposition de liste de substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

**a) Substances citées dans la biblio, classées par l'UE d'une part, classées dans les groupes du CIRC d'autre part**

ID	Substances	N° CAS	Cancérogène UE	Cancérogène CIRC	Effectifs estimés de travailleurs exposés**
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	Cancérogène cat 1	Groupe I (arsenic et ses composés)	250 920 (arsenic et ses composés)
154	benzène	71-43-2	Cancérogène cat 1	Groupe I	69 575
155	benzidine	92-87-5	Cancérogène cat 1	Groupe I	1 595
218	chlorure de vinyle	75-01-4	Cancérogène cat 1	Groupe I	7 951
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	Cancérogène cat 1	Groupe I (chrome VI et ses composés)	67 961 (chrome VI et ses composés)
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	Cancérogène cat 1	Groupe I	46 541 (composés du nickel)
131	acrylonitrile	107-13-1	Cancérogène cat 2	Groupe II B	5 925
160	benzo(a)anthracène	56-55-3	Cancérogène cat 2	Groupe II A	
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	Cancérogène cat 2	Groupe II A	117 202 (HAP sauf fumée de tabac)
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Cancérogène cat 2	Groupe II B	
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	Cancérogène cat 2	Groupe I (cadmium et ses composés)	22 034 (cadmium et ses composés)
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Cancérogène cat 2	Groupe II A	
277	hexachlorobenzène	118-74-1	Cancérogène cat 2	Groupe II B	
279	hydrazine	302-01-2	Cancérogène cat 2	Groupe II B	
397	trichloroéthylène	79-01-6	Cancérogène cat 2	Groupe II A	111 672
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2	Cancérogène cat 3	NC	
117	acétaldéhyde	75-07-0	Cancérogène cat 3	Groupe II B	
271	formaldéhyde	50-00-0	Cancérogène cat 3	Groupe II A	307 025
342	pentachlorophénol	87-86-5	Cancérogène cat 3	Groupe II B	9 794
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	Cancérogène cat 3	Groupe I (plomb et ses composés)	135 474 (plomb et composés inorganiques)
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	Cancérogène cat 3	Groupe II A	140 913
398	trichlorométhane	67-66-3	Cancérogène cat 3	Groupe II B	

ID	Substances	N° CAS	Mutagène UE		
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	Mutagène cat 2		
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	Mutagène cat 2		
397	trichlorométhane	67-66-3	Mutagène cat 3		
ID	Substances	N° CAS	Toxique pour la reproduction UE		
300	monoxyde de carbone	630-08-0	Reproduction cat 1		
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	Reproduction cat 1 et 3*		
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	Reproduction cat 2		
189	cadmium (chlorure de)		Reproduction cat 2		
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	Reproduction cat 2 et 3*		
	Substances	N° CAS	Cancérogène UE	Cancérogène CIRC	Effectifs estimés de travailleurs exposés**
	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	NC	Groupe I	
	Silice cristalline	14808-60-7	NC	Groupe I	108 164
	Biphényles polychlorés	1336-36-3	NC	Groupe II A	5 311

\* selon l'INRS, une substance exerçant des effets vis-à-vis de la fertilité d'une part, vis-à-vis du développement de l'enfant d'autre part, peut être classée dans deux catégories selon la classification des substances toxiques pour la reproduction

\*\* source CAREX

**b) Substances non citées dans la biblio, classées par l'UE et par le CIRC, pouvant présenter un intérêt en raison des effectifs de travailleurs potentiellement exposés**

ID	Substances	N° CAS	UE	Cancérogène CIRC	Effectifs estimés de travailleurs exposés
26	1,3-butadiène	106-99-0	Cancérogène cat 1 Mutagène cat 2	Groupe II A	9 584
129	Acrylamide	79-06-1	Cancérogène cat 2 Mutagène cat 2 Reproduction cat 3	Groupe II A	13 403
167	Béryllium	7440-41-7	Cancérogène cat 2	Groupe I	11 620 (béryllium et ses composés)
224	Dichlorure de cobalt	7646-79-9	Cancérogène cat 2	Groupe II B (cobalt et ses composés)	36 138 (cobalt et ses composés)

**c) Substances non citées dans la biblio, classées par l'UE et dans les groupes du CIRC et pouvant présenter un intérêt dans le contexte des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	UE	Cancérogène CIRC	Effectifs estimés de travailleurs exposés
18	Dibromo 1,2-éthane	106-93-4	Cancérogène cat 2	Groupe II A	
19	Dichloro 1,2-éthane	107-06-2	Cancérogène cat 2	Groupe II B	
176	Bromoéthylène	593-60-2	Cancérogène cat 2	Groupe II A	
338	Oxyde de propylène	75-56-9	Cancérogène cat 2 Mutagène cat 2	Groupe II B	

**d) Substances non citées dans la biblio, non classées par l'UE mais classées dans les groupes du CIRC et pouvant présenter un intérêt dans le contexte des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	UE	Cancérogène CIRC	Effectifs estimés de travailleurs exposés
	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2	NC	Groupe II A	193 (Para-chloro-ortho-toluidine et ses sels d'acides forts)
	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	NC	Groupe II A	
	Chlorure de benzoyle	98-88-4	NC	Groupe II A	
	Phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7	NC	Groupe II A	
	Fluorure de vinyle	75-02-5	NC	Groupe II A	
	Benzofuranne	271-89-6	NC	Groupe II B	
	Bromodichlorométhane	75-27-4	NC	Groupe II B	





## **8 - Outils pour la surveillance de l'exposition des travailleurs aux substances CMR**

Les différents outils disponibles pour la surveillance de l'exposition des travailleurs aux substances CMR valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) et indices biologiques d'exposition(IBE) ont été indiqués dans la base CMR.

Une présentation des différents types d'outils disponibles pour la surveillance de l'exposition des travailleurs est faite à l'annexe V.

### **8.1 Les valeurs limites d'exposition professionnelle présentées dans la base CMR**

Une valeur limite représente la concentration dans l'air d'un composé chimique que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération de sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées. Aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongée n'est raisonnablement prévisible à ce niveau d'exposition. La valeur est exprimée généralement en volume (ppm ou partie par million) ou en poids ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Les différentes valeurs limites produites par les organismes internationaux sont présentées en annexe.

Lorsque des VLEP françaises existent, ce sont elles que l'industriel devra suivre en priorité. Lorsque de telles valeurs n'existent pas, il sera possible de se référer à des valeurs provenant d'autres pays. Les valeurs proposées par l'ACGIH sont une des références majeures le plus souvent retenues du fait du caractère scientifique qui prévaut lors de l'élaboration de ces valeurs.

#### **8.1.1 Les sources consultées**

Pour établir les VLEP françaises indiquées dans la base CMR, nous avons consulté le document suivant :

Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Note documentaire de l'INRS ND 2098-174-99. 1er trimestre 1999

Des données relatives aux VLEP françaises ont parfois été vérifiées sur les fiches toxicologiques de l'INRS. Celles-ci sont consultables sur le site de l'INRS à l'adresse suivante : <http://www.inrs.fr/indexprodinfo.html>

Pour les VLEP américaines et allemandes, nous nous sommes référés à deux documents principaux :

Guide to occupational exposure values 2003. Données rassemblées par l'ACGIH.

TLVs and BEIs 2003. Based on the documentation of the Threshold limit values for chemical substances and physical agents and Biological exposures indices. ACGIH

Une confirmation des valeurs américaines du NIOSH ou de l'OSHA a parfois été recherchée sur les fiches des substances présentées sur le site suivant :

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. 2003 (consultable à l'adresse suivante : <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html#dload>)

De même, pour les valeurs allemandes indiquées dans la compilation établie par l'ACGIH, nous avons pu vérifier certaines données dans le document téléchargé sur le site du BIA :

BIA-Report 1/2002. Gefahrstoffliste 2002. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz. (consultable à l'adresse suivante : <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/bia0102.htm>)

Pour les VLEP britanniques nous avons consulté le document suivant :

Occupational exposure limits 2002. EH40/2002. HSE Health and Safety Executive.

### **8.1.2 Les différents types de VLEP indiqués dans la base CMR**

A l'issue de la consultation des différentes sources nous avons indiqué plusieurs types de VLEP dans la base CMR. Des explications sur la signification des différentes VLEP se trouve dans le chapitre consacré aux données générales du rapport.

Les différents types de VLEP indiquées dans la base CMR figurent dans le tableau 6.

### **8.1.3 La métrologie des substances présentes dans la base CMR**

Nous avons indiqué dans la base CMR les matériels à réponse instantané disponibles pour la mesure en milieu de travail et les techniques de laboratoire qui figurent dans les fiches toxicologiques établies par l'INRS. Nous avons également indiqué les substances pour lesquelles existent une fiche descriptive de la technique de prélèvement et de mesure dans la base METROPOL accessible sur le site de l'INRS.

**Tableau 6 : Différents types de VLEP indiqués dans la base CMR**

Type de VLEP	Notes
MAK (DFG - Allemagne)	MAK = Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen
MAKs PEAK (DFG - Allemagne)	MAK = Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen
MAKs TWA (DFG - Allemagne)	MAK = Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen
MELs STEL (HSE - Grande Bretagne)	MEL = Maximum Exposure Limit
MELs TWA (HSE - Grande Bretagne)	MEL = Maximum Exposure Limit
OESs (HSE - Grande Bretagne)	OES = Occupational Exposure Standard
OESs STEL (HSE - Grande Bretagne)	OES = Occupational Exposure Standard
OESs TWA (HSE - Grande Bretagne)	OES = Occupational Exposure Standard
PELs (OSHA - USA)	PEL = Permissible Exposure Limit
PELs STEL/CEIL ( C ) (OSHA - USA)	PEL = Permissible Exposure Limit
PELs TWA (OSHA - USA)	PEL = Permissible Exposure Limit
Recommandation CNAM (France)	
RELs (NIOSH - USA)	REL = Recommended Exposure Limit
RELs LFC (NIOSH - USA)	REL = Recommended Exposure Limit
RELs STEL/CEIL ( C ) (NIOSH - USA)	REL = Recommended Exposure Limit
RELs TWA (NIOSH - USA)	REL = Recommended Exposure Limit
TLVs (ACGIH - USA)	TLV = Treshold Limit Value
TLVs STEL/CEIL ( C ) (ACGIH - USA)	TLV = Treshold Limit Value
TLVs TWA (ACGIH - USA)	TLV = Treshold Limit Value
TRK (BIA - Allemagne)	TRK = Technische Richtkonzentration (concentration technique conseillée). BIA : institut allemand de sécurité au travail
VLE (France)	VLE = Valeur Limite d'exposition
VME (France)	VME = Valeur Moyenne d'exposition

## **8.2 Les indicateurs biologiques d'exposition présentés dans la base CMR**

La surveillance biologique est une des méthodes utilisables pour évaluer l'exposition d'un salarié à une substance dangereuse. Elle se fait par la mesure et le suivi de paramètres appelés indicateurs biologiques d'exposition (IBE).

La surveillance biologique mesure (le plus souvent dans l'urine ou dans le sang des personnes exposées) des paramètres pouvant être soit la substance elle-même, soit un ou plusieurs de ses métabolites, soit une (ou des) modification(s) biochimique(s) provoquée(s) par l'action de la substance.

Les IBE produits par les organismes internationaux sont présentés en annexe V.

Lorsque des IBE français existent, ce sont eux que l'industriel pourra utiliser en priorité. Lorsque de telles valeurs n'existent pas, il sera possible de se référer à des valeurs provenant d'autres pays. Les valeurs proposées par l'ACGIH sont une des références majeures le plus souvent retenues du fait du caractère scientifique qui prévaut lors de l'élaboration de ces valeurs.

### **8.2.1 Les sources consultées**

Pour les indicateurs biologiques utilisables en France notre principale source a été le document suivant édité par l'INRS :

BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Edition de l'INRS ED 791. Juin 2002

Des données ont parfois été vérifiées sur les fiches toxicologiques de l'INRS consultables sur le site de l'institut à l'adresse suivante : <http://www.inrs.fr/indexprodinfo.html>

Pour les indicateurs biologiques établi par l'ACGIH, nous avons consulté le document suivant :

TLVs and BEIs 2003. Based on the documentation of the Threshold limit values for chemical substances and physical agents and Biological exposures indices. ACGIH

Les IBE établis par le HSE britannique ont été relevés dans le document suivant :

Occupational exposure limits 2002. EH40/2002. HSE Health and Safety Executive.

Pour les IBE allemands (valeurs BAT) nous avons consulté le document de compilation de l'INRS :

BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Edition de l'INRS ED 791. Juin 2002

Des vérifications ont été faites sur le document allemand suivant :

BIA-Report 1/2002. Gefahrstoffliste 2002. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz. (consultable à l'adresse suivante : <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/bia0102.htm>)

Cependant, nous n'avons pas procédé à une recherche exhaustive des informations relatives aux IBE sur ce document.

### **8.2.2 Les différents types d'IBE indiqués dans la base CMR**

A l'issue de la consultation des différentes sources nous avons indiqué plusieurs types d'IBE dans la base CMR. Des explications sur la signification des différents IBE se trouvent en annexe VI.

Les différents types d'IBE indiqués dans la base CMR figurent dans le tableau 7.

**Tableau 7 : Différents types d'IBE indiqués dans la base CMR**

Type IBE	notes
BAT (Allemagne)	Biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte (Valeurs biologiques tolérées au poste de travail)
BEI (USA - ACGIH)	Biological Exposure Index
BEI 2003 NIC (USA - ACGIH)	Biological Exposure Index Notice of intended changes
BIOTOX	Guide biotoxologique pour les médecins du travail
BMGVs - BGV (HSE - GB)	Biological monitoring guidance value - Health guidance value
BMGVs - HGV (HSE - GB)	Biological monitoring guidance value - Benchmark guidance value
Valeur guide utilisable en France	



## **9 - Les valeurs toxicologiques de référence présentées dans la base CMR**

Nous avons présenté dans l'annexe VI, les différents types de valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles pour conduire des évaluations quantitatives du risque. Ces valeurs sont des indices toxicologiques qui caractérisent pour une substance la relation dose-réponse et sont nécessaires pour conduire des études d'évaluation quantitative du risque sanitaire.

### **9.1.1 Les sources consultées**

Pour indiquer dans la base CMR, les valeurs toxicologiques de référence des substances de la liste de l'UE, nous avons eu recours à un document de travail dont nous disposons établi par l'unité évaluation des risques de l'INERIS. Nous avons effectué différentes vérifications des VTR indiquées à partir des sources suivantes :

IRIS, Integrated Risk Information System. US-EPA. Avril 2003 (consultable à l'adresse suivante : <http://www.epa.gov/iris/>)

Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances. ATSDR. Janvier 2003 (consultable à l'adresse suivante : <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>)

Air quality guidelines. OMS. 1999. (consultables à l'adresse suivante : <http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm>)

### **9.1.2 Les différents types de VTR indiqués dans la base CMR**

A l'issue de la consultation des différentes sources nous avons indiqué plusieurs types de VTR dans la base CMR. Des explications sur la signification des différentes VTR se trouvent en annexe VI.

Les différents types de VTR indiquées dans la base CMR figurent dans le tableau 8.



**Tableau 8 : Différents types de VTR indiqués dans la base CMR**

Type VTR	notes
DHT OMS	Dose hebdomadaire tolérable
DJT OMS	Dose journalière tolérable
MRL ATSDR	Minimal Risk Level
RfC EPA	Concentration de référence
RfD EPA	Dose de référence
RU i EPA	Risque unitaire par inhalation
RU i OMS	Risque unitaire par inhalation
RU o EPA	Risque unitaire par voie orale
TC OMS	Concentration totale
VG OMS	Valeur guide

## **10 - Propositions en vue d'une démarche pour l'évaluation des risques des substances classées CMR dans les filières de traitement des déchets**

Confrontée à la gestion du risque chimique pour ses travailleurs, l'industrie chimique a mis en place une démarche d'évaluation du risque pour les substances ou préparations chimiques dangereuses<sup>8</sup> dans le cadre des obligations de la réglementation relative à la prévention du risque chimique. La prévention des risques CMR s'inscrit dans le contexte plus général de la prévention du risque chimique et l'UIC a proposé une démarche applicable aux substances et préparations classées CMR<sup>9</sup>.

Afin de faire des propositions aux industriels des filières de traitement des déchets, prenant comme exemple la démarche proposée par l'UIC pour les substances CMR, nous pointerons certains aspects particuliers aux filières de traitement des déchets qui seraient à prendre en compte lors de l'élaboration d'une démarche spécifique à ce secteur industriel.

Dans le cadre de notre recherche bibliographique, nous n'avons identifié aucune étude qui propose l'exemple d'une démarche d'évaluation du risque CMR pour les travailleurs des filières de déchets. Si des études de ce type ont été menées, elles n'ont pas fait l'objet de publication dans les revues scientifiques.

La littérature relative à l'évaluation du risque CMR pour les travailleurs des filières de déchets comporte des études d'exposition (mesures des polluants dans les milieux en contact avec les travailleurs et mesures d'indicateurs biologiques), d'une part, des études relatives aux effets observés chez les travailleurs de ces filières, d'autre part.

### **10.1 La démarche d'évaluation des risques CMR mise en œuvre dans l'industrie chimique**

La présence d'un agent CMR, comme de toute substance et préparation dangereuse, déclenche pour l'employeur une obligation d'évaluation des risques. L'évaluation des risques comporte une évaluation des dangers et de l'exposition permettant d'apprécier le niveau de priorité des actions à engager.

#### **10.1.1 L'évaluation initiale :**

L'évaluation initiale des risques nécessite de disposer d'un inventaire de l'ensemble des substances et des préparations chimiques présentes dans l'établissement ainsi que des fiches de données de sécurité pour les substances et les préparations qui en font l'objet.

---

<sup>8</sup> Outils d'évaluation des risques liés aux produits chimiques. UIC, département technique. Document DT 63, octobre 1999.

<sup>9</sup> Prévention des risques cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction, sur les lieux de travail. UIC, département technique. Document DT 73, novembre 2001.

Dans le cas général du risque chimique la combinaison du danger (propriétés toxicologiques intrinsèques des substances) et les conditions de mise en œuvre (appréciation de l'exposition), l'évaluation initiale permet de statuer sur le niveau de priorité :

- Niveau 1 : correspond à un niveau de priorité faible
- Niveau 2 : correspond à un niveau de priorité moyen
- Niveau 3 : correspond à un niveau de priorité élevé

Dans le cas des substances et préparations CMR, l'évaluation initiale des risques s'attache essentiellement à rechercher la possibilité d'une exposition habituelle, elle ne pourra généralement pas conclure à un niveau de priorité faible (niveau 1).

En cas de présence de substances CMR, l'évaluation initiale permettra de distinguer :

- l'absence de risque significatif d'exposition (système parfaitement clos en marche normale avec contrôle de l'efficacité du confinement),
- le risque d'exposition.

#### **10.1.2 L'évaluation approfondie :**

L'évaluation approfondie est engagée dès lors que l'évaluation initiale révèle la possibilité d'une exposition. Elle permet de conclure à l'existence d'un risque pour la santé et de mettre en œuvre, le cas échéant, une stratégie de maîtrise des risques.

Il convient de prendre en compte l'ensemble des voies de pénétration, sans omettre la voie percutanée.

L'évaluation approfondie peut être complétée par des mesures biologiques d'exposition, dont les résultats collectifs sont transmis par le médecin du travail à l'employeur.

##### **10.1.2.1 Evaluation des expositions par inhalation :**

L'évaluation approfondie s'appuie essentiellement sur la métrologie.

Réglementairement, des contrôles techniques sont effectués au moins une fois par an pour vérifier le respect des valeurs limites.

##### **10.1.2.2 Evaluation des expositions par voie cutanée**

Il n'existe pas de VLEP pour les expositions par voie cutanée. Les moyens d'appréciation des niveaux d'exposition sont indirects. Ils reposent principalement sur un contrôle biologique de l'exposition et sur la réalisation de frottis de surface.

##### **10.1.2.3 Conclusions de l'évaluation approfondie**

A l'issue de l'évaluation approfondie des risques, il convient de distinguer trois cas :

- situation A, acceptable, il n'existe pas de risque significatif pour la santé en situation de fonctionnement normal,
- situation B, nécessitant des actions d'amélioration de la maîtrise du risque,
- situation C, inacceptable, (dépassement de la VLEP par exemple) imposant des mesures spécifiques immédiates.

## **10.2 L'évaluation des risques CMR dans les filières de traitement des déchets**

L'obligation d'évaluation des risques en cas de présence d'un agent CMR, comme de toute substance et préparation dangereuse, s'impose à l'employeur des filières de traitement des déchets comme à tous les employeurs.

Dans ce secteur, comme dans le secteur de la chimie, l'évaluation des risques comporte une évaluation des dangers et de l'exposition permettant d'apprécier le niveau de priorité des actions à engager.

Mais un aspect particulier aux filières de traitement des déchets va rendre très difficile l'étape d'évaluation des dangers.

En effet, dans les filières de traitement des déchets, le déchet entrant est le plus souvent constitué d'un mélange de substances provenant d'un producteur de déchets. Les indications fournies par le producteur du déchet à travers le Bordereau de suivi des déchets industriels (BDSI) s'ils permettent de classer le déchet par rapport à la réglementation, ne permettent pas d'en déduire ipso facto quelles substances classées CMR sont susceptibles d'être émises dans l'atmosphère de travail du site de traitement.

De plus, la filière de traitement comporte elle-même souvent le mélange de plusieurs déchets provenant de plusieurs producteurs de déchets. Le résultat de ce mélange de mélanges rend encore plus hypothétique l'identification des substances susceptibles d'être retrouvées dans les ambiances de travail.

### **10.2.1 L'évaluation initiale :**

L'évaluation initiale des risques nécessite de disposer d'un inventaire des substances et des préparations chimiques présentes dans l'établissement ainsi que d'un inventaire de l'ensemble des déchets entrant sur le site.

#### **10.2.1.1 Classification des substances CMR présentes sur le site**

L'inventaire des substances et des préparations CMR présentes sur le site ne devrait pas poser de problèmes différents de ceux que rencontrent les industriels de la chimie.

Des fiches de données de sécurité peuvent être rassemblées pour les substances et les préparations qui en font l'objet.

Concernant les déchets entrants sur le site la situation est tout autre. En effet, la connaissance des dangers qu'ils génèrent va représenter un véritable casse-tête. Comment en effet passer de la classification des déchets à l'identification des substances CMR susceptibles d'être présentes dans l'atmosphère de travail du site ?

#### **10.2.1.2 La classification des déchets**

Le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets établit une liste unique (annexe II) qui indique quels sont les déchets dangereux et quels sont les déchets non dangereux.

La liste des déchets établit une nomenclature à 6 chiffres pour les déchets dangereux et non dangereux. Le principe de classement est basé sur l'origine de production des déchets (chapitres 01 à 12, 17 à 19) et sur l'origine du produit qui a engendré le déchet (chapitres 13 à 16 et 20). Cette liste unique est définie dans l'annexe II du décret n°2002-540 du 18/04/2002 (J.O. Numéro 93 du 20/04/2002) qui remplace à la fois la nomenclature des déchets publiée dans l'Avis du 11 novembre 1997 et le décret n°97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.

Les déchets dangereux sont identifiés à l'aide d'un astérisque (\*).

L'article 3 du décret précise que les déchets sont classés dangereux s'ils présentent une ou plusieurs propriétés de danger. En ce concerne les propriétés cancérigène, mutagène et toxique pour la reproduction, sont considérés comme dangereux les déchets qui présentent une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- s'ils contiennent une substance reconnue comme étant cancérogène, des catégories 1 ou 2, à une concentration égale ou supérieure à 0,1%,
- s'ils contiennent une substance reconnue comme étant cancérogène, de la catégorie 3, à une concentration égale ou supérieure à 1%,
- s'ils contiennent une substance toxique pour la reproduction, des catégories 1 ou 2, des classes R60, R61 à une concentration égale ou supérieure à 0,5%,
- s'ils contiennent une substance toxique pour la reproduction, de la catégorie 3, des classes R62, R63 à une concentration égale ou supérieure à 5%,
- s'ils contiennent une substance mutagène, des catégories 1 ou 2, de la classe R46 à une concentration égale ou supérieure à 0,1%,
- s'ils contiennent une substance mutagène, de la catégorie 3, de la classe R40 à une concentration égale ou supérieure à 1%.

Cela signifie qu'il faut connaître la composition du déchet pour connaître la classification de son déchet.

Si le déchet est classé dangereux, le producteur du déchet doit remplir un BSDI (Bordereau de suivi des déchets industriels) et s'assurer que l'industriel chargé de son élimination respecte la réglementation.

#### **10.2.1.3 Les émissions atmosphériques issues d'un mélange complexe de polluants**

Le mélange de deux substances à des concentrations connues et dans des conditions contrôlées de température et de pression possède un résultat qui est reproductible par les chimistes.

Lorsque les conditions du mélange changent, le résultat est modifié dans un sens qui n'est pas toujours prévisible.

Lorsque le nombre des substances varie, le résultat du mélange n'est plus prévisible.

Dans le cas des filières de déchets, ni le nombre des substances, ni les conditions du mélange ne sont stables ce qui ne permet pas de prévoir quelles substances résulteront du mélange variable ainsi constitué.

Si les émissions issues du mélange complexe de polluants sont difficiles à prévoir, il est également très délicat d'estimer ses effets toxiques.

#### **10.2.1.4 Les effets toxiques des mélanges complexes de polluants**

La toxicité des mélanges de polluants aux propriétés toxicologiques connues a fait l'objet de nombreuses études. Toutes ces études montrent la difficulté de déduire l'effet toxique d'un mélange de l'effet propre des substances qu'il contient. Des effets de potentialisation, de synergie ou d'antagonisme se produisent.

Les résultats d'une étude expérimentale chez des souris montrent que les effets suppresseurs immunitaires de la TCDD ont été potentialisés par les autres composants d'un lixiviat de la décharge de Love Canal alors que les effets inducteurs de l'activité AHH hépatique caractéristiques de la TCDD ont été antagonisés [Silkworth, 1993]. Ces résultats indiquent que la toxicité d'un mélange complexe contenant de la TCDD ne peut pas être évaluée en fonction des seuls taux de TCDD.

L'exposition de souris au mélange complexe de 25 substances chimiques (solvants et métaux) à des concentrations proches de celles observées en pratique (de l'ordre de quelques ppm) a entraîné une réduction modérée mais significative (liée à la dose d'exposition) des défenses immunitaires, alors que les concentrations individuelles de chaque substance ne sont pas susceptibles de provoquer de tels effets [Yang, 1994]. Dans cette étude, il y aurait synergie entre les différents constituants du

mélange. Différentes études ont des résultats qui vont dans le même sens (effet combiné des radiations concernant la toxicité médullaire, effets des pesticides dans des eaux contaminées...).

La difficulté d'établir les effets de mélanges de substances à des concentrations environnementales a été maintes fois soulignée dans les études expérimentales chez le rat [Simmons, 1994 ; Simmons, 1995 ; Constan, 1995].

La relation entre le niveau d'exposition à un génotoxique (comme le 2,6-dinitrotoluène) et la réponse attendue peut être modifiée lorsqu'il se trouve associé à d'autres composés (comme par exemple la créosote) dans un mélange complexe [Chadwick, 1995].

Le constat des études de toxicologie expérimentale rend illusoire le projet de conduire l'évaluation des risques CMR à partir du mélange de polluants. Il sera indispensable d'identifier les substances CMR sur lesquelles faire porter l'évaluation des risques.

Aussi afin de poursuivre l'étape d'évaluation du danger et apprécier l'exposition des travailleurs, dans le cas particulier des filières de traitement des déchets, nous proposons d'établir une liste de substances d'intérêt qui seront recherchées dans l'ambiance de travail des sites. Selon le résultat de l'inventaire des déchets entrant effectué dans chaque site, la pertinence de rechercher telle ou telle substance de la liste devra être appréciée.

#### **10.2.1.5 Les substances CMR d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

La liste de substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR pour les travailleurs des filières de déchets est issue en premier lieu des études publiées.

La littérature relative à l'évaluation du risque CMR pour les travailleurs des filières de déchets comporte des études d'exposition (mesures des polluants dans les milieux en contact avec les travailleurs et mesures d'indicateurs biologiques), d'une part, des études relatives aux effets observés chez les travailleurs de ces filières, d'autre part (voir annexe I et annexe II).

Aucune des études recensées ne propose d'exemple d'une évaluation du risque CMR pour les travailleurs des filières de déchets. Si des études de ce type ont été menées, elles n'ont pas fait l'objet de publication dans les revues scientifiques.

A partir de ces études, nous avons pu établir une première liste de 27 substances d'intérêt. Vingt quatre des substances citées dans les études sont classées CMR par l'UE. Trois autres substances non classées par l'UE sont par contre classées cancérigènes par le CIRC.

Le classement des substances cancérigènes par le CIRC fait référence sur le plan scientifique, il nous a paru pertinent de retenir ces 3 substances classées cancérigènes par le CIRC parmi les

substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets même si elles ne figurent pas dans la liste de l'UE.

Afin d'établir une hiérarchie entre les substances d'intérêt en vue de l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets, nous avons identifié deux critères qui pourraient être utilisés en vue de cette sélection. Le premier est fourni par le classement relatif des substances dans les classements respectifs de l'UE et du CIRC. Dans les deux classements de l'UE et du CIRC, les substances classées en catégorie 3 ne seront pas considérées en vue de l'évaluation du risque CMR. Dans le classement de l'UE, les substances sont classées dans les catégories 1, 2 ou 3. Une préférence pourrait être donnée aux substances de la catégorie 1 par rapport aux substances classées en catégorie 2. De même dans le classement du CIRC, des substances sont classées 1, 2A, 2B ou 3. Une préférence pourrait être donnée aux substances du groupe 1 et du groupe 2A par rapport aux substances classées dans le groupe 2B. Cependant, nous ne pensons pas que ce critère de classement relatif concernant des substances pour lesquelles des éléments scientifiques assez forts existent en faveur du caractère cancérigène mutagène ou toxique pour la reproduction, devrait aboutir à une exclusion de substances d'intérêt.

Le second critère de hiérarchisation nous est fourni par les résultats de l'étude CAREX qui donnent des estimations des effectifs de travailleurs exposés en France pour différentes substances.

Les substances citées dans la bibliographie ont parfois fait l'objet de mesures d'exposition dans l'air des sites de traitement des déchets (benzène, benzo(a)pyrène, trichloréthylène, acétaldéhyde, formaldéhyde, tétrachloroéthylène, PCDD/PCDF, silice cristalline, métaux) voire de mesures biologiques chez les travailleurs (benzène, benzo(a)pyrène, PCDD/PCDF, métaux). Cependant, du fait du très petit nombre des études publiées, nous ne suggérons pas de retenir leurs résultats comme critères de choix des substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets.

A l'heure actuelle, la base CMR comporte trop peu de données relatives aux tonnages des différents déchets (tonnages traités en France les dernières années... données à trouver...) qui permettraient de déterminer les substances CMR les plus "fréquentes" en terme de quantité (tonnes de déchets concernés par une substance), ou en nombre de catégories de déchets (numéro code LED) potentiellement contaminés par une même substance. Le critère de production ou de présence des substances CMR dans les déchets ne peut être utilisé pour le choix des substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR dans les filières de traitement des déchets.

La liste des 42 substances que nous proposons de retenir en priorité dans la liste des substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de déchets figure au tableau 5.



#### **10.2.1.6 Les outils de surveillance de l'exposition pour l'évaluation des risques CMR**

Pour une substance donnée, la disponibilité de valeur limite en milieu de travail, la disponibilité de méthodes pour la mesure de la substance dans l'air de travail (méthode de terrain d'une part, méthode de laboratoire d'autre part) et la disponibilité d'un indice biologique d'exposition pour la substance et d'un laboratoire pour en effectuer la mesure sont des éléments favorables à la mise en place d'une évaluation du risque CMR pour les travailleurs.

La disponibilité des différents outils de surveillance influera sur le choix de retenir ou non une substance en tant que substance d'intérêt. Cependant, toutes ces substances étant mesurables dans l'atmosphère de travail, aucun des outils considérés ne nous apparaît devoir être considéré comme prioritaire dans le choix des substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets.

Il en sera différemment si l'on considère la disponibilité d'une valeur toxicologique de référence dans le cas où une évaluation quantitative du risque sanitaire est envisagée. Pour être menée à son terme, la démarche ERS nécessite en effet l'existence de VTR pour les substances considérées.

#### **10.2.2 L'évaluation approfondie**

En l'absence d'accès facile à la connaissance des substances susceptibles d'être présentes dans l'atmosphère de travail des sites, au cours d'une phase d'apprentissage de la démarche d'évaluation des risques CMR appliquée aux filières de traitement des déchets, il nous paraîtrait logique de passer d'emblée à une évaluation approfondie qui serait appliquée aux substances d'intérêt précédemment définies (cf. l'évaluation mise en œuvre dans l'industrie chimique).

### **10.3 Suggestions pour la conduite de la seconde phase de l'étude**

Dans la première phase de l'étude, nous nous sommes intéressés aux substances CMR susceptibles d'être présentes dans l'atmosphère de travail des sites de traitement des déchets. A partir des études publiées, nous avons établi une liste de substances d'intérêt qui pourraient être recherchées en priorité dans l'air ambiant des sites afin de conduire l'évaluation des risques CMR vis-à-vis des travailleurs des sites de traitement des déchets.

Comme la demande nous en avait été faite par les tuteurs industriels de l'étude, nous avons rassemblé les caractéristiques des 407 substances CMR figurant dans la liste principale des substances CMR de l'Union européenne publiée par l'INRS.

Une seconde phase de l'étude a été prévue dans la proposition n°06-34 de RE.CO.R.D. afin de mettre en place un groupe d'experts qui devra se prononcer sur la démarche à suivre pour l'évaluation des risques CMR dans les filières de traitement des déchets.

En vue de cette seconde phase, le Réseau Santé Déchets présentera des propositions à RE.CO.R.D. Ces propositions aborderont aussi bien l'inventaire des substances présentes sur les sites ou des déchets entrants que les études de terrain nécessaires pour confirmer l'intérêt des substances prioritaires dans les différentes filières de traitement des déchets.

Le travail de regroupement des caractéristiques des substances CMR mené dans le cadre de la première phase devrait être poursuivi, par la recherche d'informations complémentaires concernant la présence des substances CMR dans les déchets, par une actualisation et une mise à jour de la base CMR afin de permettre une utilisation plus performante de cet outil.



## **11 - Annexe I - Effets sanitaires observés dans les populations exposées aux substances CMR (travailleurs et riverains)**

Dans cette annexe, à côté des études traitant directement des dangers pour les travailleurs, nous avons fait le choix de présenter également les études conduites auprès des populations riveraines quand l'exposition des travailleurs apparaît comme vraisemblable. En effet, certains effets attribués aux installations de traitement des déchets (cancers et troubles de la reproduction notamment) sont principalement abordés dans des études relatives aux populations riveraines des sites de traitement.

Pour faciliter la compréhension des résultats des études retenues, nous proposons au début de cette annexe des rappels sur les différents types d'études épidémiologiques et sur les différents indicateurs utilisés pour exprimer le risque dans les études épidémiologiques et les études d'évaluation du risque sanitaire.

### **11.1 Les différents types d'études épidémiologiques**

Parmi les outils épidémiologiques fréquemment utilisés dans les études relatives aux impacts sanitaires des filières de traitement des déchets nous distinguerons :

- *les études transversales* qui sont des études à la frontière entre les études descriptives et les études étiologiques (recherchant les facteurs en cause dans l'apparition des effets observés). Elles sont conduites sur une durée en générale brève, visant à recueillir simultanément des données relatives à la maladie et à des facteurs de risque dans une population donnée. Les sujets inclus dans l'étude sont ceux qui sont présents au moment de l'enquête. Les sujets ne sont pas sélectionnés sur leur exposition (comme dans une étude de cohorte) ni sur leur maladie (comme dans une étude cas-témoins). Elles sont plus adaptées aux études d'effets aigus ou subaigus. En effet, dans l'étude des effets de longue durée, une sélection des sujets bien portants entraîne un biais très important (effet du travailleur sain ou « healthy worker effect » des auteurs anglos saxons).
- *les études cas-témoins* sont des études où les sujets sont sélectionnés selon qu'ils présentent ou non la maladie. Ce type d'étude est plus rarement utilisé dans le domaine des risques de l'environnement. L'analyse portera sur la comparaison de la fréquence de l'exposition dans les deux groupes des malades (les cas) ou des non malades (les témoins ou « contrôles »).
- *les études de cohortes* sont également peu fréquentes. Ce sont des études où les sujets sont sélectionnés selon leur exposition. Un groupe de sujets exposés et un groupe témoin de sujets non (ou peu) exposés sont constitués. Les données de santé dans les deux groupes sont recueillies sur une période plus ou moins longue à partir de la date de constitution de la cohorte selon la nature de la maladie (la période est très longue dans le cas des maladies d'apparition retardée comme les

cancers). La fréquence de la maladie sera comparée entre les deux groupes après la période d'exposition choisie.

Une autre catégorie d'études s'intéresse aux variations dans le temps ou dans l'espace des indices de morbidité ou de mortalité afin de fournir des indications sur les phénomènes de santé dans la population. Elles sont bien adaptées à l'étude des impacts sanitaires liés aux risques de l'environnement et de ce fait fréquemment utilisées par les auteurs malgré les limites méthodologiques qu'elles présentent pour mettre en évidence un lien entre facteur de risque environnemental et impact sanitaire.

La description de la répartition géographique d'une pathologie (incidence ou mortalité) constitue *l'épidémiologie spatiale ou géographique*. Les variables étudiées sont définies au niveau d'un groupe d'individus caractérisés par leur appartenance à une entité géographique (les données sont des données agrégées). Dans *les études dites de corrélations géographiques*, le but est de décrire les relations entre les variations géographiques d'une pathologie et celles d'une exposition à un facteur particulier. Les situations où l'exposition ne peut être mesurée qu'avec une imprécision large et incontrôlable au niveau individuel, mais qui apparaît homogène dans une zone géographique donnée, sont celles qui peuvent bénéficier des apports de l'épidémiologie spatiale. Les études spatiales ont un avantage certain sur les études étiologiques en terme de coût et de rapidité d'exécution. Cependant, si les données d'exposition environnementales peuvent être nombreuses (qualité de l'air, de l'eau...), elles coïncident rarement avec le groupe de population étudiée, le niveau de recueil des statistiques de santé ou la période d'étude.

## **11.2 La mesure du risque dans les études épidémiologiques et les études d'évaluation du risque sanitaire**

Pour apprécier le niveau du risque, divers indicateurs sont utilisés dans les études épidémiologiques. Il s'agit en premier d'évaluer la fréquence de la maladie dans la population. La mesure de la fréquence s'exprimera par *la prévalence* (nombre de malades/nombre de sujets présents) ou par *l'incidence cumulée* (nombre de nouveaux cas de malades/nombres de sujets non malades au début de la période étudiée).

La mesure du risque relatif (RR) constitue le deuxième temps dans le calcul du risque en épidémiologie. Il s'agit de calculer le rapport de l'incidence de la maladie chez les sujets exposés au risque considéré à l'incidence de la maladie chez les sujets non exposés. Le risque relatif est une quantification commode de l'effet éventuel du facteur étudié. En l'absence d'effet, on s'attend à observer un risque relatif  $RR=1$ , aux variations d'échantillonnage près.

Dans les situations où la maladie est rare dans la population non exposée (<1%), l'« odds ratio » (OR) est une valeur proche du risque relatif.

Le résultat du risque relatif (ou de l'OR) est rendu avec un intervalle de confiance qui situe avec une probabilité de 95% (ou parfois de 99%) la valeur dans la fourchette indiquée entre crochets (par exemple RR= 1,2 IC95% [1,0-1,4]).

Dans les études d'évaluation du risque sanitaire, l'indicateur de risque utilisé sera différent selon le type d'effet attendu (cancérogène ou non).

Pour les effets cancérogènes, la probabilité d'occurrence du cancer pour la vie entière des sujets exposés, qui vient s'ajouter au risque de base non lié à cette exposition, est appelé excès de risque individuel (E.R.I.): elle est calculée pour chaque voie d'exposition en multipliant une valeur toxicologique de référence dénommée excès de risque unitaire (E.R.U) par la valeur représentant l'exposition exprimée soit par la dose moyenne journalière totale « vie entière » soit par la concentration moyenne « vie entière » dans l'air. Le risque de probabilité  $10^{-6}$  (un cancer par million de personnes) est souvent pris comme objectif à atteindre et la valeur de  $10^{-4}$  comme niveau inacceptable de risque pour une population.

### **11.3 Les études relatives aux sites de déchets dangereux**

Dans ce chapitre, il faudra retenir que les sites de déchets dangereux considérés dans les rares études publiées ne correspondent pas à la définition des sites de stockage des déchets dangereux de la réglementation et de la pratique françaises. Par ailleurs, il faudra considérer que les installations de stockage des déchets des ménages (municipal ou urban waste) pris en compte dans les études provenant majoritairement de pays où la gestion des sites ne se fait pas suivant les pratiques françaises, admettent également des déchets dangereux (hazardous waste) provenant de petits producteurs industriels ou artisanaux.

#### **11.3.1 Les études chez les travailleurs**

Les études publiées qui se sont intéressées aux troubles de santé chez des travailleurs de sites de stockage de déchets sont particulièrement rares selon les résultats de notre recherche.

Les troubles évoqués seraient plutôt en rapport avec l'exposition des travailleurs aux poussières minérales ou microbiologiques qu'avec une exposition à des polluants chimiques.

De plus, dans la majorité des études publiées relatives à des sites de stockage des déchets que nous avons identifiées, la question des effets cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction chez les travailleurs considérés n'est pas abordée.

Des déchets de chrome ont été déposés en décharge dans la région de Glasgow entre 1820 et 1968. Alors que le chrome est reconnu cancérigène chez les travailleurs de l'industrie des chromates, aucune étude ne semble s'être intéressée à l'exposition des travailleurs des décharges à ces composés. La majorité des études conduites en population générale n'ont pas permis de mettre en évidence d'excès des pathologies étudiées (cancer du poumon et anomalies congénitales notamment) [McCarron, 2000].

Les effets observés chez des travailleurs exposés à de la TCDD associent chloracnée sévère (initialement décrite chez les travailleurs de la production de trichlorophénol, 2,4,5-T et composés apparentés), modifications de la personnalité et autres troubles neurologiques, hirsutisme et élévation du cholestérol sanguin [Mukerjee, 1998]. Plusieurs études indiquent un risque augmenté de sarcome des tissus mous et de lymphome non hodgkinien chez les sujets exposés professionnellement à des chlorophénols ou des phénoxy herbicides contaminés par de la TCDD.

Compte tenu de la présence de dioxines dans des sites de stockage des déchets dangereux, la possibilité d'une exposition des travailleurs de ces sites à ces substances devrait être envisagée.

Dans l'étude relative aux émissions de deux centres de stockage d'OM coordonnée par le RSD, tous les salariés travaillant sur les deux sites ainsi que des salariés témoins ayant accepté de participer ont répondu à un questionnaire général de santé (9 salariés de l'un des sites exposés et 9 témoins de la grande distribution, 13 salariés du second site et 13 salariés d'une entreprise de distribution d'eau) [Hours, 2000]. Les effets CMR ne sont pas abordés dans cette étude.

Dans une précédente étude chez des travailleurs d'un site de stockage de déchets du Canada, un risque relatif de 1,81 ( $p=0,008$ ) avait été observé pour les troubles respiratoires, 1,83 ( $p=0,02$ ) pour les troubles cutanés et 1,63 ( $p=0,12$ ) pour les irritations oculaires [Hertzman, 1987].

Par rapport à des sujets témoins choisis parmi les autres agents du département sanitaire de la ville de New-York, les employés de la décharge de Fresh Kills présentent plus de symptômes d'ordre dermatologiques (OR : 2,07 IC95% [1,11-3,84]), neurologiques (OR : 1,89 IC95% [1,08-3,32]), auditifs (OR : 1,73 IC95% [1,03-2,90]), respiratoires (OR : 2,14 IC95% [1,35-3,38]) et des maux de gorge (OR : 2,26 IC95% [1,33-3,82]) (tableau 9) [Gelberg, 1997]. Les employés chargés du ramassage manuel des déchets ont le plus de problèmes réunis, en particulier irritation oculaire et maux de gorge. Les conducteurs d'engins présentent le plus de symptômes.

**Tableau 9 : Prévalence des symptômes rapportés par les travailleurs de la décharge selon la tâche effectuée (OR de prévalence et intervalle de confiance à 95 %) [Gelberg, 1997]**

Tâche	Symptômes Dermatologique		Gastroentéro		Neurologique		Neuromusculaire		Audition		Respiratoire		Blessures	
	OR	IC 95 %	OR	IC 95 %	OR	IC 95 %	OR	IC 95 %	OR	IC 95 %	OR	IC 95 %	OR	IC 95 %
Manutention de charges lourdes	2,15	1,13-4,09	1,45	0,88-2,38	1,43	0,83-2,49	3,03	1,81-5,08	1,11	0,75-1,64	1,53	0,99-2,36	7,21	2,19-23,79
Outils à main	1,66	0,94-2,92	1,34	0,84-2,14	1,53	0,92-2,56	1,89	1,22-2,92	1,13	0,78-1,64	1,86	1,23-2,82	2,25	1,09-4,65
Maintenance de véhicules	1,65	0,91-2,99	1,78	1,08-2,93	0,99	0,59-1,65	1,63	1,04-2,55	1,18	0,81-1,73	1,54	1,01-2,36	1,23	0,61-2,47
Ramassage manuel	1,84	1,04-3,26	2,26	1,39-3,69	0,98	0,59-1,62	2,40	1,54-3,75	0,76	0,52-1,10	1,86	1,23-2,81	5,36	2,20-13,05
Nettoyage vapeur	2,42	1,37-4,29	1,47	0,93-2,33	2,22	1,33-3,73	1,89	1,23-2,88	1,15	0,79-1,66	1,57	1,05-2,35	1,80	0,92-3,53
Peinture	3,61	1,42-9,18	3,22	1,35-7,70	3,48	1,42-8,53	2,33	0,98-5,54	1,29	0,55-3,04	2,85	1,23-6,63	3,77	1,32-10,80
Isolation amiante	2,30	1,18-4,49	3,86	2,20-6,75	1,48	0,77-2,86	1,03	0,57-1,86	1,77	1,08-2,92	2,50	1,49-4,18	1,59	0,68-3,69
Alvéole déchets en exploitation	1,87	1,07-3,25	2,28	1,43-3,64	1,09	0,65-1,82	1,38	0,90-2,11	1,87	1,28-2,73	1,47	0,98-2,21	0,90	0,46-1,79





### **11.3.2 Les études en population générale**

Les sites d'enfouissement de déchets représentent un risque potentiel pour la santé [Dolk, 1998]. En effet, il est possible que des produits chimiques migrent hors du site et polluent les milieux environnementaux (eau, air, sols). Les populations vivant près de ces sites peuvent alors se contaminer par l'air qu'elles respirent, l'eau qu'elles boivent ou les végétaux qui poussent sur ces sols pollués. A ce jour, peu d'études épidémiologiques ont été réalisées pour évaluer ce risque.

Même dans les études portant sur des sites recevant des déchets ménagers, les pratiques en cours dans les différents pays, notamment en Grande-Bretagne, font apparaître une grande fréquence de sites accueillant également des déchets dangereux.

En France, le site de Montchanin a fait l'objet de plusieurs publications. Ce site ouvert en 1979 et fermé en 1988, constituait le premier exemple de décharge de classe 1 en France. Les effets CMR ne sont considérés dans les études épidémiologiques qui ont été publiées concernant les riverains de ce site.

Une récente revue de la littérature constate que la grande majorité des études publiées se sont intéressées à des pollutions et à des effets au voisinage de sites de stockage de déchets dangereux [Vrijheid, 2000]. Les études portant sur les risques pour les travailleurs en charge de la manutention, du transport, du nettoyage et de la maintenance des installations jugées trop rares n'ont pas été retenues dans la revue bibliographique faite par ces auteurs. L'insuffisance d'informations sur les polluants contenus et sur les émissions possibles notamment est un constat commun à la majorité des études. Les effets qui ont fait l'objet de cette revue sont essentiellement les effets sur la reproduction et les cancers dans les populations riveraines des sites.

C'est également le cas d'une autre revue qui pointe le peu d'études relatives aux autres effets potentiels des émissions des décharges sur la santé des riverains : immunotoxicité, atteinte rénale, hépatique, respiratoire ou neurologique [Tarkowski, 2001]. Les auteurs estiment qu'il est finalement assez difficile d'affirmer un impact sur la santé des riverains hormis quelques cas (petits poids de naissance et atteintes respiratoires), la plupart des études n'étant pas convaincantes en raison principalement du manque de données relatives aux expositions réelles des sujets.

Il est à noter que les rares études qui ont mesuré les composés chimiques (COV, PCB...) dans le sang ou les urines de riverains de sites de déchets n'ont pas mis d'augmentation en évidence [Vrijheid, 2000].

### **11.3.2.1 Les effets sur la reproduction**

#### **11.3.2.1.1 Les revues de la littérature**

Dans une revue des études des effets des déchets dangereux sur la reproduction humaine, et bien qu'aucune étude épidémiologique n'ait jusqu'ici pu reposer sur de réels niveaux d'exposition, l'auteur indique que les résultats des études sont concordants et vont tous dans la direction d'une augmentation modérée du risque de malformations (cardiopathies, fentes faciales, défauts de fermeture du tube neural), du risque de petit poids de naissance, et d'une diminution de la fertilité [Johnson, 1999].

Parmi les échecs de la reproduction, le risque de faible poids à la naissance est le constat le plus fréquent des études mono sites [Vrijheid, 2000]. Un impact sur la croissance des fœtus semble avéré : les bébés de femmes habitant à proximité d'une décharge de déchets dangereux sont plus petits que ceux vivants dans des zones témoins, même lorsque les facteurs de confusion sont pris en compte [Tarkowski, 2001]. Le faible poids à la naissance serait, selon les auteurs, un indicateur sensible de l'exposition aux substances chimiques.

Pour les malformations congénitales et pour certaines malformations particulières (malformations cardiaques, malformations du système nerveux central, malformations musculo-squelettiques), les études seraient encore trop peu nombreuses pour en tirer des conclusions définitives sur les relations de cause à effet [Vrijheid, 2000]. Les résultats des études sur les malformations congénitales sont plus contradictoires et ne permettent pas de conclusions définitives même si plusieurs d'entre elles vont dans le même sens [Tarkowski, 2001].

#### **11.3.2.1.2 Les différentes études publiées**

Des femmes vivant durant leur grossesse à proximité d'une décharge municipale de produits solides à Montréal ont présenté un excès de risque d'avoir des enfants de petit poids de naissance par rapport à des femmes vivant dans des zones de référence non exposées mais de caractéristiques socio-démographiques similaires (OR ajusté = 1,20 pour 1 107 cas exposés, IC 95 % [1,04-1,39]) [Goldberg, 1995b].

Il existe un taux de malformations congénitales plus important dans la population habitant près d'un centre de stockage de déchets du Pays de Galles par rapport à la population non exposée, cet excès étant observé tant pour la période précédant l'ouverture du site (1983-1987) que pour la période postérieure à l'ouverture du site (1988-1996) [Fielder, 2000]. Il existe un regroupement de cas (cluster) de malformations de la paroi abdominale. Quatre cas de malformations, pour 0,45 attendus dans la population exposée, ont été notés pour la période après l'ouverture du site ( $p = 0,001$ ), contre 3 cas

pour 2,38 attendus dans la population non exposée. Dans cette étude, outre la mauvaise définition des zones dites exposées [Roberts, 2000], il a été reproché une prise en compte insuffisante des cas de malformations dans le registre national [Greenacre, 2000].

Une étude de type "écologique" a été menée en Grande-Bretagne sur les populations vivant dans un rayon de 2 km autour des 9 565 sites d'enfouissement des déchets (ordures ménagères et déchets dangereux) opérationnels à une période comprise entre 1982 et 1997 afin d'évaluer le risque d'échec de la reproduction associé à la résidence des parents à proximité des sites [Elliott, 2001a]. Les risques relatifs ajustés sont de 1,05 (IC à 99% [1,01-1,10]) pour les défauts de fermeture du tube neural, 0,96 (IC à 99% [0,93-0,99]) pour les anomalies cardiovasculaires, 1,07 (1,04 -1,10) pour hypospadias et epispadias, 1,08 (1,01-1,15) pour les défauts de la paroi abdominale, 1,19 (1,05-1,34) pour les laparoschisis et omphalocèles opérés, et enfin 1,05 (1,047-1,055) et 1,04 (1,03-1,05) pour les petits et très petits poids de naissance respectivement. Les résultats concernant les décharges à déchets spéciaux (dangereux) ne diffèrent pas significativement de ceux obtenus sur les décharges de déchets ménagers. L'interprétation raisonnable des résultats est que cette étude portant sur une population de grande taille ne permet aucune conclusion inquiétante quant au risque pour des futures mères qui vivent à proximité d'une décharge d'avoir un enfant mal formé. L'analyse multivariée telle qu'elle est menée fait clairement penser que les associations faiblement positives indiquant un excès de petits poids de naissance et de quelques anomalies sont très probablement à attribuer à une non prise en compte correcte des facteurs de confusion, au premier rang desquels le bas niveau socio-« économique et les carences nutritionnelles qui y sont associées.

Afin d'étudier les anomalies congénitales non chromosomiques observées chez les nouveau-nés de femmes vivant à proximité de sites d'enfouissement de déchets, 21 sites de déchets industriels présents sur l'aire de couverture de 7 registres régionaux de malformations congénitales ont été sélectionnés en Europe [Dolk, 1998]. L'aire géographique d'étude a été déterminée comme étant la zone entourant les sites dans un rayon de 7 km autour de ces sites. La zone "proche" du site (rayon inférieur à 3 km) a été considérée comme étant une zone "exposée". La zone de 3 à 5 km de rayon a été déterminée comme étant une zone non exposée. Tous les types de malformations congénitales enregistrées entre 1982 (pour les registres les plus anciens) et 1994 (exceptée celles liées à une anomalie chronique) ont été pris en compte. La distance de la résidence de la mère au site le plus proche a été calculée. Le niveau socio-économique, codé en 5 classes, et l'âge maternel ont été pris en compte dans l'analyse. L'analyse des relations entre le lieu de résidence et les anomalies congénitales a concerné 1 089 cas et 2 366 témoins. Globalement, le risque de malformations congénitales lorsque la mère a habité à moins de 3 km d'un site d'enfouissement de déchets industriels est significativement supérieur à 1 (OR=1,33 [1,11-1,59]) mais il est très variable d'un site (et d'un pays) à l'autre. Six types de malformations sont particulièrement associés à un risque supérieur à 1 (tableau 10), et la relation avec le fait de résider à proximité d'une décharge a été trouvée significative pour deux d'entre elles : défauts de fermeture du tube neural, et deux types distincts de cardiopathies (septales et truncales). Ces résultats doivent être interprétés avec

précaution : bien que la méthodologie ait essayé de réduire les risques de biais, il n'est pas question d'affirmer un caractère de causalité pour l'association trouvée. L'un des facteurs de confusion les plus difficiles à contrôler est la pauvreté, maintenant reconnue comme facteur de risque pour la reproduction, en particulier pour les défauts de fermeture du tube neural. L'évaluation du niveau socioéconomique est difficile à faire dans une étude comme celle-ci, menée sans interrogatoire des familles, et ce facteur peut être source de biais. Par ailleurs, il n'a pas été possible de comparer les sites entre eux.

**Tableau 10 : Odds ratio calculés pour différents types de malformations congénitales parmi les résidentes à moins de 1 km d'un site d'enfouissement de déchets industriels [Dolk, 1998]**

Type de malformation	Nb de cas	Odds ratio	IC 95%
Défaut de fermeture du tube neural	130	1,86	1,24 – 2,79
Malformations du septum cardiaque	248	1,49	1,09 – 2,04
Anomalies des gros vaisseaux	63	1,81	1,02 – 3,20
Fistules trachéoœsophagiennes	25	2,25	0,96 – 5,26
Hypospades	45	1,96	0,98 – 3,92
Gastroschisis	13	3,9	0,95 – 10,77
Fentes palatines	38	1,63	0,77 – 3,41
Anomalies de la peau et des téguments	30	1,92	0,78 – 4,73

Les résultats d'une seconde étude portant sur les lésions chromosomiques dans les mêmes zones géographiques sont présentés [Vrijheid, 2002]. L'OR associé au fait de vivre à proximité d'un des sites est de 1,32 [0,96 ; 1,81] après ajustement sur l'âge maternel. Il n'existe pas de relation dose effet puisque les OR pour les différentes zones comparées à la zone 5-7 km sont de : 1,68 [0,72 ; 3,89] pour la zone de 0-1 km, 1,08 [0,61 ; 1,93] pour la zone 1-2 km, 1,74 [1,12 ; 2,70] pour la zone 2-3 km, et 1,05 [0,69 ; 1,60] pour la zone 3-4 km. Les niveaux de risques observés sont similaires à ceux de l'étude sur les lésions non chromosomiques ce qui fait dire aux auteurs : soit les produits auxquels sont exposées les populations et qui proviennent des sites de stockage sont à la fois tératogènes et mutagènes, soit des biais méthodologiques sont communs aux deux études. Différents biais sont en effet évoqués, mauvaise classification en terme d'exposition, changement de zone géographique, expositions professionnelles, industrielles et domestiques.

### 11.3.2.2 Les cancers

#### 11.3.2.2.1 Les revues de la littérature

Parmi les composés identifiés dans les décharges, certains sont reconnus comme cancérigènes et classés dans le groupe I (cancérigène) par le CIRC (benzène, cadmium), dans le groupe IIa (cancérigène probable) (formaldéhyde) ou le groupe IIb (cancérigène possible) (styrène, plomb). Ces

composés sont susceptibles de se retrouver dans les milieux environnementaux au contact de l'homme (air ambiant, eau de consommation) [Jarup, 2002].

En matière de cancers, un certain nombre d'études ont été réalisées, pour la plus grande part en Amérique du Nord où des contaminations importantes du milieu ont été trouvées [Tarkowski, 2001].

Quelques études ont indiqué un possible excès de certains cancers (vessie, cerveau, hépatobiliaire et leucémie) au voisinage de sites de stockage de déchets dangereux [Griffith, 1989 ; Mallin, 1990 ; Goldberg, 1995 ; Williams, 1998 ; Lewis-Michl, 1998 ; Goldberg, 1999].

Ces cancers sont toutefois de nature très variée (hémopathies, lymphopathies, cancers de la vessie, de l'estomac, des bronches, du foie, du pancréas...). La difficulté d'interprétation de ces études tient parfois au manque de cohérence entre les produits contaminants et les effets observés, et aux informations incomplètes sur l'histoire individuelle des populations, et sur leur réelle exposition [Tarkowski, 2001].

Des excès de cancers de la vessie, du poumon et de l'estomac ont été observés dans plusieurs études mais les études relatives aux cancers sont principalement des études de corrélation géographique portant sur l'incidence des cancers ou leur mortalité et elles ne permettent pas une collecte suffisante d'informations sur les facteurs de confusion [Vrijheid, 2000].

Les études de type écologique, dans lesquelles les données d'exposition et les données de santé sont recueillies à une échelle collective, permettent de réunir de larges effectifs de population. Aucun excès de risque n'a été mis en évidence dans la plus large étude de ce type qui a porté sur l'association possible entre résidence au voisinage d'une décharge et le risque de cancer en Grande-Bretagne [Jarup, 2002].

Les auteurs regrettent que peu d'études sur les effets immunotoxiques des déchets dangereux n'aient été réalisées alors que plusieurs des cancers retrouvés en excès dans les études citées peuvent être une conséquence d'une action immunotoxique (lympho et hémopathies par exemple) [Tarkowski, 2001].

#### 11.3.2.2.2 Les différentes études publiées

Les taux d'incidence par cancers entre 1972 et 1991 dans une zone de 3 à 4 km autour d'un site de 274 hectares ouvert en 1974 à l'ouest de Sydney (Australie) pour permettre l'enfouissement des déchets ménagers et industriels du site ont été comparés aux taux observés dans la population générale (de même pour la mortalité) [Williams, 1998]. Plusieurs types de cancers sont en excès dans la population autour du site (tumeurs du système lymphohématopoïétique, tumeurs du cerveau, du poumon, du larynx). Les cancers du cerveau chez les hommes ainsi que du poumon sont significativement augmentés. Un cluster de cas apparaît pendant la période 1989-1991. Deux autres clusters apparaissent en 1979-83 (excès de cancers du sein féminins) et en 1984-88 (excès de

cancers de l'utérus). L'investigation des cas de cancers du cerveau (sans comparaison avec un groupe témoin) n'a pas fait surgir une hypothèse autre que la présence de la décharge.

Dans une étude de type corrélation géographique, chez les femmes, des excès significatifs ont été observés pour le cancer de l'estomac et le cancer du col utérin sans qu'il y ait de cohérence avec la zone d'exposition au voisinage de la décharge d'ordures ménagères de Miron Quarry sur l'île de Montréal [Goldberg, 1995a]. Chez les hommes, un excès significatif et cohérent avec la zone d'exposition est constaté pour les cancers du foie et de l'estomac et à un moindre niveau pour le poumon. Les excès pour le foie et le poumon sont en cohérence avec les produits présents sur le site, en particulier le chlorure de vinyle provenant de la décomposition des PVC. Un excès significatif de cancers de la prostate est observé dans la zone de forte exposition hors vents dominants.

Dans une seconde étude de type cas-témoins, 2 928 hommes âgés de 35 à 70 ans, ayant développé un cancer à Montréal entre 1979 et 1985 sont étudiés [Goldberg, 1999]. Les Odds Ratios (OR) obtenus pour le cancer du pancréas sont de 1,4 [0,8-2,6] pour la zone de forte exposition, 1,7 [0,9-3,5] pour la zone de forte exposition en aval des vents dominants et 2,2 [1,0-4,6] à une distance de 1,25 km du site. Pour le cancer du foie, les OR sont  $\geq 1,5$  pour les trois zones de forte exposition. Le risque semble augmenter avec la distance (OR par un km = 1,05). Le risque de développer un cancer de la prostate est supérieur à 1 dans chaque zone d'exposition, avec un OR = 2,0 dans la zone de forte exposition en aval des vents dominants et une majorité de cas à une distance du site inférieure à 2 km. Le risque de lymphome non Hodgkinien semble augmenter dans la zone de forte exposition en amont des vents dominants (OR = 1,5), ainsi que pour les personnes vivant à moins d'un km du site. Malgré l'envergure de cette étude, il manque des données sur l'historique résidentiel complet des cas, le temps de latence entre exposition et cancer est un peu court et la principale limite de cette étude est encore une fois le manque de données sur la mesure réelle des expositions.

Le rapport de Paul Elliott et al remis au Ministère britannique de la Santé en août 2001 [Elliott, 2001b] inclut des données sur le risque de cancer : les localisations vésicale et hépato-biliaire ont d'abord montré un risque relatif de 1,04 et 1,05 respectivement, valeurs à la limite de la significativité, qui se négativent lorsqu'on contrôle le niveau socio-économique. Cette étude a été menée en Grande-Bretagne sur les populations vivant dans un rayon de 2 km autour de sites d'enfouissement des déchets (ordures ménagères et déchets dangereux) afin d'évaluer le risque de cancer (du rein, du cerveau, des voies biliaires et du foie, des leucémies chez l'enfant et chez l'adulte) associé à la résidence à proximité des sites [Jarup, 2002]. En dépit de la très grande taille de la population étudiée, les auteurs n'ont observé aucun excès de risque de cancer ou de leucémie dans la population résidant à moins de 2 km des sites par rapport à la population résidant au-delà, contrairement aux études précédentes relatives au cancer du rein [Griffith, 1989 ; Lewis-Michl, 1998 ; Mallin, 1990], du cerveau [Williams, 1998], des voies biliaires et du foie [Goldberg, 1995] et des leucémies [Lewis-Michl, 1998].

#### **11.4 Les études d'évaluation du risque des sites de stockage des déchets**

Peu d'études publiées ont adopté le cadre méthodologique de l'évaluation quantitative des risques sanitaires pour l'appliquer au cas d'un centre de stockage des déchets ménagers.

La mission conduite actuellement au sein de l'Institut de Veille Sanitaire devrait prochainement produire un rapport relatif à l'évaluation du risque sanitaire des centres de stockage des déchets ménagers en France.

Dans l'étude sur les émissions de deux centres de stockage des OM coordonnée par le RSD, les HAP ont été mesurés aux postes de travail [Hours, 2000]. Pour le calcul du risque représenté par l'exposition au B(a)P, l'OMS propose une valeur d'excès de risque unitaire (ERU) de  $8,7 \cdot 10^{-5} \text{ (ng/m}^3\text{)}^{-1}$  pour les cancers respiratoires. Ce qui se traduit par le risque de survenue de près de 9 cancers chez 100 000 personnes exposées leur vie durant à une concentration moyenne de  $1 \text{ ng/m}^3$  de B(a)P. Les niveaux d'exposition des travailleurs au B(a)P considérés dans l'étude ( $<10 \text{ ng/m}^3$ ) aboutiraient à des excès de risque individuels par inhalation non négligeables (de l'ordre de  $7,3 \cdot 10^{-4}$ ).

#### **11.5 Les études épidémiologiques relatives aux installations d'incinération des déchets**

Dans un article récent, toutes les études relatives à l'incinération publiées au cours des années 1985 à 1999 ont été analysées [Hu, 2001], à savoir, onze études épidémiologiques portant sur les populations riveraines et onze études relatives aux effets chez les travailleurs. Dans les études épidémiologiques relatives aux effets chez les travailleurs, trois sont des études de mortalité, deux des études portant sur les mutagènes urinaires, une étude des fonctions pulmonaire, rénale et hépatique. Cinq études présentent des concentrations en polluants chimiques dans l'organisme. Chez les riverains, quatre études portent sur les effets reprotoxiques, quatre sur le risque de cancer et deux sur les effets respiratoires liés aux émissions des incinérateurs.

Les polluants pris en compte dans les études épidémiologiques ont été choisis en fonction des connaissances sur les émissions des incinérateurs et des résultats des études d'évaluation des risques. Ce sont les particules, le monoxyde de carbone, les gaz acides (NOx, SO<sub>2</sub>, HCl), des métaux (cadmium, plomb, mercure, chrome, arsenic, béryllium), les dioxines et furannes, les PCB, les HAP [NRC, 2000].



### **11.5.1 Les études chez les travailleurs**

Les salariés des installations d'incinération ont fait l'objet de peu d'études, essentiellement par le fait que chaque centre emploie peu de salariés. Les plus importants emploient 40 à 50 salariés au maximum ; il est donc difficile d'en tirer des informations statistiquement valables.

Certains auteurs ont décrit des effets chroniques, sous forme de perturbations minimales et souvent non significatives des constantes biologiques (bilan hépatique, numération sanguine) des salariés des incinérateurs par rapport aux autres groupes de salariés pris comme populations de comparaison [SFSP, 1999].

Une prévalence plus élevée des mutagènes urinaires a été observée dans les urines de salariés d'incinérateurs que dans celles des salariés de stations de traitement de l'eau, ce résultat ne permet pas de conclure sur les conséquences cancérogènes pour l'homme [Ma, 1992]. En raison d'une exposition chronique, même faible, à certains cancérogènes (arsenic, cadmium, hydrocarbures aromatiques polycycliques...), la question de l'existence d'excès de cancers chez ces salariés est posée. Cependant, en raison des faibles effectifs concernés et du temps de latence long, les quelques données dont on dispose ne sont pas concluantes. Un excès de cancers de l'estomac chez les salariés des incinérateurs d'ordures ménagères a été trouvé à Rome, mais sans excès de cancers respiratoires [Rapiti, 1997] ; un excès de cancers respiratoires a été mis en évidence à Stockholm, toutefois non significatif [Gustavson, 1989].

### **11.5.2 Les études en population générale**

#### **11.5.2.1 Les effets sur la reproduction**

Une étude exposés/non exposés a mis en évidence une diminution de la masculinité à la naissance pour des parents habitant à proximité de deux anciennes UIOM distantes de 100 mètres [Williams, 1992]. Ce phénomène s'expliquerait, selon les auteurs, par une grande sensibilité des cellules à division rapide des gonades ou du fœtus, aux polluants émis par ces installations.

En Belgique, les études épidémiologiques et génétiques conduites sur les anomalies à la naissance n'ont pas permis de conclure à une influence significative des PCDD/Fs ou de polluants génotoxiques émis par deux UIOM par rapport à un groupe d'enfants témoins ne résidant pas à proximité [Nouwen, 2001].

Une étude conduite en Rhône-Alpes montre que les anomalies chromosomiques et non chromosomiques (principalement becs-de-lièvre, dysplasies rénales et mégacolon) sont plus fréquentes chez les personnes résidant au voisinage d'incinérateurs de déchets urbains que chez des témoins plus éloignés [Chevrier, 2002]. Pour les uropathies obstructives, une relation dose réponse est mise en évidence chez les personnes exposées. Les risques d'anomalies cardiaques, de dysplasies rénales, d'uropathies obstructives et d'anomalies cutanées croissent avec la densité du trafic routier. L'exposition aux émissions des incinérateurs et du trafic routier sont des explications

plausibles des accroissements de risque constatés, mais les auteurs ne peuvent éliminer l'effet de facteurs confondants mal maîtrisés comme des erreurs de classification entre personnes exposées et non exposées, un biais d'information ou un facteur de confusion résiduel.

### **11.5.2.2 Les cancers**

Au Royaume-Uni, la survenue des cancers du larynx et du poumon a été étudiée autour de 10 incinérateurs, dont un incinérateur de déchets de solvants et de pétrole autour duquel un agrégat avait été observé [Elliott, 1992]. Cette analyse ne permet pas de conclure à un excès significatif de ce type de cancer autour de ces installations. En revanche, dans la région de Trieste en Italie, sur l'analyse de 755 cas de cancers et autant de témoins, une augmentation de la fréquence des cancers du poumon est relevée dans la population résidant à proximité d'un incinérateur et plus particulièrement pour les populations placées sous le vent de celui-ci, jusqu'à 5 km de la cheminée [Biggeri, 1996]. Encore au Royaume-Uni, une large étude portant sur 72 UIOM, soit 14 millions de personnes, et sur une période d'observation de 13 ans présente des excès de risque significatifs mais faibles, compris entre 1,05 pour les cancers du sang et 1,29 pour les cancers du foie [Elliott, 1996]. L'auteur signale que des excès de même ampleur existaient déjà, dans les mêmes zones géographiques, avant l'ouverture des UIOM, suggérant une origine complexe, socioprofessionnelle de cette morbidité.

Dans une étude ultérieure, les auteurs effectuent une revue des examens histopathologiques et une analyse des cas de cancer primaire du foie [Elliott, 2000]. Un nouveau calcul des cancers du foie suivant les trois zones géographiques de l'étude initiale est effectué (< 1 km, de 1 à 7,5 km et plus de 7,5 km). L'excès de risque calculé pour la zone la plus proche de l'incinérateur est réduit à 12,6% (18,8% si on exclut les cancers secondaires). L'excès était de 37% lors de la première étude. Les auteurs concluent sur la nécessaire prudence à avoir dans des études basées sur des données collectées en routine. Un effet résiduel lié à la pauvreté pourrait être responsable de l'excès faible observé dans la zone située à moins de 1 km de l'incinérateur.

Une étude sur les cancers de l'enfant a montré un excès significatif de cancers autour des incinérateurs de déchets industriels, excès qui avait été attribué à un facteur confondant mal maîtrisé, "un facteur social" [Knox, 2000]. En tenant compte de la migration de l'enfant entre sa naissance et son décès, l'auteur en conclut qu'il y a un réel excès de cancers de l'enfant autour des incinérateurs, ce qui n'est pas le cas autour des décharges industrielles. Par contre, les incinérateurs ne seraient pas seuls responsables de cet excès du fait de l'existence d'autres sources de pollution.

Récemment, des auteurs ont observé un excès de cas relativement important (27% à 340%) de Sarcomes des Tissus Mous (STM) et de Lymphomes Non Hodgkiniens (LNH) dans les cantons de Besançon et Audeux (contigu à l'ouest du premier). Il n'est pas observé d'agrégats dans les autres cantons, et le risque de maladie de Hodgkin, prise comme cancer de référence, n'est pas augmenté [Viel, 2000]. Les auteurs discutent la possibilité de biais socio-économique ou d'un effet lié à l'urbanisation pour expliquer ces résultats mais jugent de telles explications improbables. Les auteurs

appellent à la prudence sur l'existence d'un lien causal entre les excès de cas observés et la présence de l'UIOM.

Dans un étude antérieure menée à l'aide d'un système d'information géographique au voisinage d'un site industriel comprenant une vaste zone de stockage de déchets, un incinérateur de déchets, et une raffinerie de pétrole pour rechercher, il n'existait pas d'excès de risque significatif des divers types de cancer dans la zone la plus proche (0-3 km), à l'exception des cancers du rein chez les femmes [Michelozzi, 1998]. Dans cette étude, les cancers lympho-hématopoiétiques ne sont pas significativement augmentés.

### **11.6 Les études d'évaluation du risque relatives aux incinérateurs de déchets**

Selon les conclusions rendues en septembre 1999 par le comité sur les effets sanitaires de l'incinération des déchets réuni par l'Académie des Sciences des États-Unis [NRC, 2000], la préoccupation vis-à-vis des effets sanitaires potentiels des polluants émis par les unités d'incinération serait légitime, notamment vis-à-vis du plomb et des dioxines et furannes. Pour les installations récentes, bien contrôlées, le risque de cancer estimé, même pour les personnes les plus exposées (pas les travailleurs), est faible voire négligeable (par exemple un risque de cancer vie entière inférieur à 1 pour 100 000) ; certains anciens incinérateurs, mal contrôlés, ayant continué à fonctionner, pourraient induire un risque de cancer (par exemple un risque de cancer vie entière supérieur à 1 pour 10 000).

Parmi les principaux polluants contribuant au risque estimé sont cités les dioxines et furannes (par la chaîne alimentaire), l'arsenic et le plomb.

De nombreuses évaluations du risque portant sur des incinérateurs de tout type ont été conduites aux USA [NRC, 2000]. Ces études ont été faites suivant des formes et des protocoles variables. La plupart de ces évaluations a été faite en suivant la méthode qui fut introduite la première fois dans l'évaluation des centrales nucléaires en 1977 [NRC, 2000]. Elles ont été menées pour évaluer le risque pour les populations au voisinage ; le risque pour les travailleurs n'a pas été considéré.

Quelques études d'évaluation du risque sanitaire des incinérateurs ont été menées en France [Boudet, 1999, SFSP, 1999]. Un risque d'ampleur modeste mais non négligeable est mis en évidence pour les dioxines, dû aux installations les plus émettrices [SFSP, 1999]. Cette méthode est celle préconisée par le gouvernement français pour l'évaluation du risque des installations classées pour la protection de l'environnement existantes et futures.

Les risques de cancer vie entière sont très faibles par rapport au risque de probabilité  $10^{-6}$  généralement pris comme référence (un cancer par million de personnes) pour les polluants (benzène, cadmium et nickel) retenus pour l'évaluation quantitative du risque sanitaire pour les populations vivant au voisinage de l'UIOM de Grenoble [Boudet, 1999]. Dans cette étude, seule

l'exposition par inhalation a été prise en compte et des polluants importants, notamment les PCDD/F n'ont pas été mesurés.

À Taiwan, les risques sanitaires des dioxines émises par les neuf UIOM en activité, en terme d'incidence de cancers dans la population riveraine, ont été évalués récemment [Ma, 2002]. Les risques cancérigènes liés aux dioxines calculés sont de  $1,4 \cdot 10^{-8}$  pour le moins polluant à  $7,1 \cdot 10^{-5}$  pour le plus polluant dans le scénario 1 ; ils sont du même ordre mais avec un classement différent des UIOM dans le scénario 2. L'exposition par voie alimentaire, estimée à 64-99%, est majoritaire.

Au Japon, les auteurs effectuent l'analyse du risque sanitaire lié aux dioxines dans quatre populations humaines : la population générale, des résidents autour d'une UIOM, de gros consommateurs de poissons, leurs enfants et fœtus [Yoshida, 2000]. L'augmentation du risque de cancer lié aux dioxines est d'environ  $10^4$  dans la population générale et d'environ  $3 \cdot 10^4$  dans les groupes exposés. Selon les résultats de cette étude, les risques sanitaires des dioxines seraient à considérer sérieusement, notamment sur le système nerveux et sur la reproduction, plus encore que sur les risques de cancers.

Les résultats d'une étude pour évaluer le risque de cancer lié aux émissions de dioxines et furannes d'UIOM récemment ouverte en Catalogne confirment que l'alimentation d'origine générale contribue à plus de 99% de la dose totale de PCDD/PCDF [Schuhmacher, 2001]. Par rapport à la DJA de 1 à 4 pg/kg pc.j recommandée par l'OMS, le ratio de danger médian est de 0,72, avec un ratio interquartile (75<sup>ème</sup>/25<sup>ème</sup> percentiles) de 2. Le risque vie entière médian de cancer calculé avec l'excès de risque unitaire (entre 34 000 et 56 000 (mg/kg.j)<sup>-1</sup>) s'élève à  $7,9 \cdot 10^{-5}$ , avec un ratio entre le 95<sup>ème</sup> et le 5<sup>ème</sup> percentiles de 1,5. Les auteurs concluent qu'une UIOM respectant des valeurs basses d'émission n'induit pas un excès de risque significatif lié aux dioxines.

### **11.7 Les mesures de prévention et de surveillance médicale vis-à-vis des travailleurs exposés aux substances CMR**

Les auteurs, notamment aux USA, ont présenté les résultats d'études portant sur l'efficacité des mesures de prévention ou de surveillance médicale des salariés exposés aux substances chimiques dans les sites de déchets dangereux.

Du fait de l'exposition possible des travailleurs, par la voie respiratoire et par la voie cutanée, à des polluants inconnus lors des opérations de nettoyage des sites de stockage des déchets dangereux, des recommandations pour le port de protections efficaces et pour la surveillance médicale des travailleurs exposés ont été faites aux USA depuis le début des années 1980 [Costello, 1982 ; Mélius, 1986 ; Mélius, 1990].

Face aux risques auxquels sont exposés les travailleurs des déchets, l'importance de la prévention (hygiène, éducation, information et formation vis-à-vis des risques, port des équipements de protection individuelle, etc...) a depuis longtemps été souligné par les auteurs, notamment dans le cas de la collecte ou du transport des déchets dangereux [Rahkonen, 1992].

La politique de protection du personnel des sites de stockage des déchets dangereux mise en place aux USA comportait une réglementation en matière de surveillance des ambiances de travail, de protection des travailleurs et de surveillance médicale. Des recommandations pour la surveillance des salariés des déchets dangereux (medical guidelines for hazardous waste workers) ont été élaborées par les organismes américains en charge de la prévention des risques professionnels [Gochfeld, 1990 ; Levine, 1991 ; ANON, 1992]. Des programmes d'éducation (health and safety training program) ont été élaborés et financés par des organismes publics aux USA pour les salariés des déchets dangereux [Luskin, 1992] et appliqués dans le cadre de leurs unions syndicales. Une évaluation des effets à long terme de tels programmes peut être inscrite dans le programme [McQuiston, 1994].

Alors que les ouvriers intervenant pour la réhabilitation des sites de déchets dangereux sont plus à risque de présenter des maladies ou des accidents en rapport avec les déchets dangereux que les employés de ce secteur (site investigator) (15 contre 2%), leur engagement dans des programmes de surveillance médicale est moindre (19 contre 32%) [Abatemarco, 1995].

Un autre constat est fait que les travailleurs des chantiers de désamiantage malgré une information correcte vis-à-vis des risques appliqueraient plutôt moins les précautions ce qui résulterait en une exposition élevée chez certains ouvriers [Lange, 1995]. Chez ces ouvriers comme chez les travailleurs des déchets dangereux, la consommation de tabac serait plus élevée que dans la population induisant chez eux un risque sanitaire plus élevé que chez les autres membres de la société.

### **11.8 Résumé des effets sanitaires observés chez les travailleurs exposés aux substances CMR**

De nombreuses études ont été publiées, très peu souvent en France, sur l'exposition et les risques générés par les sites de traitement des déchets pour les populations (population générale et travailleurs). Ces études portent sur des installations traitant des déchets dangereux (hazardous waste) ou sur des installations de déchets des ménages (municipal ou urban waste) souvent associés, dans la plupart des études faites hors de France, à des déchets dangereux provenant de petits producteurs industriels ou artisanaux. Les expositions et les risques présentés dans ces études concernent une longue liste de composés toxiques caractéristiques des déchets chimiques reçus dans les sites. Les populations prises comme objets d'étude sont bien plus souvent les populations riveraines que les travailleurs des sites.

A partir de la bibliographie recensée, nous avons établi une liste de 27 substances d'intérêt pour l'évaluation du risque CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets (cf. chapitre 6 du rapport).

Les rares études qui ont mesuré les composés chimiques (COV, PCB...) dans le sang ou les urines de riverains de sites de déchets n'ont pas mis d'augmentation en évidence [Vrijheid, 2000].

Dans cette annexe, à côté des études traitant directement des dangers pour les travailleurs, nous présentons également les études conduites auprès des populations riveraines quand l'exposition des travailleurs apparaît comme vraisemblable. Les effets étudiés et attribués aux installations de traitement des déchets (cancers et troubles de la reproduction notamment) sont principalement abordés dans des études relatives aux populations riveraines des sites de traitement des déchets [Johnson, 1999 ; McCarron, 2000 ; Vrijheid, 2000 ; Tarkowski, 2001]. Cependant, l'intérêt de telles études en population générale apparaît faible dans le cadre de ce travail. En effet, dans la grande majorité des études en population générale, l'exposition des personnes est caractérisée de façon sommaire et il n'est pas possible d'attribuer un effet sur la santé à un polluant en particulier. Ces études permettent de supposer que les effets considérés (cancers et troubles de la reproduction) observés chez les riverains et attribués à l'installation de traitement pourraient également affecter les travailleurs, ce qui mériterait d'être étudié.

La présentation des dangers, de l'exposition des travailleurs et des risques en rapport avec le traitement des déchets s'appuie principalement sur des études étrangères menées dans des pays où la gestion des déchets ne se fait pas suivant des modalités semblables à celles de la France, ceci est particulièrement vrai pour le stockage des déchets mais aussi pour l'incinération. Pour le stockage, les études ne font pas référence à des sites de stockage de déchets ménagers au sens de la réglementation française mais plutôt à des sites recevant des déchets toxiques en plus ou moins grandes quantités qui ont le plus souvent motivé la mise en place de l'étude [Vrijheid, 2000]. Les auteurs sont toujours très discrets sur les caractéristiques techniques de l'installation étudiée et sur les caractéristiques des déchets traités. Les postes de travail occupés par les sujets étudiés sont quelquefois nommés mais rarement décrits. L'insuffisance des informations figurant dans les études, notamment dans celles qui présentent des données de santé chez les travailleurs exposés à des déchets dangereux, permet rarement de savoir dans quels types de sites les travailleurs considérés sont employés d'où la difficulté à faire le lien entre un procédé industriel précis et les troubles décrits.

Pour caractériser les expositions et les risques sanitaires pour les travailleurs des sites de traitement des déchets, nous disposons de plusieurs études.

Dans le cas des travailleurs du stockage des déchets ménagers en France, nous avons pu nous appuyer sur un important travail conduit par plusieurs équipes coordonnées par le Réseau Santé Déchets dont le rapport a été présenté en novembre 2000. L'aspect métrologique de ce travail, dont nous présentons les principaux résultats en annexe III, est complété par une étude transversale des troubles de santé présentés par les travailleurs des deux sites dont les résultats sont présentés en annexe I. Cependant, les effets CMR ne sont pas abordés dans cette étude de type transversale.

Quelques études de cohorte rétrospectives ont été menées chez des travailleurs de l'incinération pour étudier la mortalité par cancer [Gustavson 1989, Rapiti 1997]. Les résultats de ces études, vis-à-vis du cancer de l'estomac et des cancers respiratoires, auraient nécessité d'être confirmés par d'autres études.

Outre ces rares études de mortalité, les études que nous avons recensées qui traitent des effets sanitaires chez les travailleurs n'abordent pas la question des effets cancérigènes ou des troubles de la reproduction chez les travailleurs des sites de traitement des déchets. Ce sont principalement des études transversales qui enregistrent simultanément des données d'exposition, le plus souvent très sommaires (travailler ou pas sur le site), et des données de santé recueillies le plus souvent par un questionnaire de santé parfois complété par des divers tests (biologiques, neurocomportementaux, cytogénétiques, etc...) auprès d'un petit échantillon de travailleurs [Hertzman, 1987 ; Gelberg, 1997 ; Hours, 2000]. L'outil épidémiologique utilisé est rudimentaire mais présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre et de faible coût d'où son emploi fréquent dans les études en milieu professionnel. Dans ce type d'étude, le facteur travailleur sain n'est pas contrôlé (dans les postes de travail à risque, les travailleurs qui deviennent malades du fait de leur exposition professionnelle ont tendance à quitter progressivement le milieu qui les rend malade et ne sont plus présents lors des études). Ne maîtrisant pas les relations temporelles entre exposition et atteinte à la santé, ces études ne permettent pas d'affirmer les relations cause/effet suspectées mais elles pourront servir de base pour définir des études au protocole épidémiologique plus sophistiqué mieux à même de confirmer les liens causaux entre exposition et maladie.

Dans les études relatives aux effets sanitaires affectant les travailleurs, l'exposition est représentée par les émissions du site considérées dans leur ensemble (notion de mélange complexe de polluants). Il n'est pas possible de rapporter les troubles décrits à un polluant en particulier même si des mesures des polluants ont été effectuées dans les atmosphères de travail. Ce constat vaut notamment pour les substances CMR éventuellement présentes sur le site étudié.

S'agissant des travailleurs, vis-à-vis desquels il existe un arsenal préventif et/ou réglementaire souvent riche dans les pays développés, nous avons présenté dans l'annexe I quelques informations issues des études relatives au dispositif de surveillance médicale et de prévention mis en œuvre aux USA pour les travailleurs exposés aux déchets dangereux.

Dans les études en population générale, il est assez difficile d'affirmer un impact sur la santé des riverains au voisinage des sites de stockage des déchets, la plupart des études n'étant pas convaincantes en raison principalement du manque de données relatives aux expositions réelles des sujets ou à la mauvaise prise en compte des facteurs de confusion. C'est notamment le cas des études européennes relatives aux malformations congénitales [Dolk, 1998 ; Elliott, 2001a ; Vrijheid, 2002] ou aux cancers [Jarup, 2002].

Dans le cas des sites de traitement thermique des déchets, les études épidémiologiques relatives aux effets sanitaires pour les riverains sont également peu nombreuses et leurs résultats sont difficilement comparables en raison de leurs différences (type d'incinérateur et nature des déchets incinérés, système d'épuration des fumées, notamment).

Aucune augmentation du risque de pathologies, cancéreuses ou non, n'a pu être mise en évidence de manière probante ou, lorsqu'elle existe, elle est faible et ne peut être attribuée de façon certaine à la

proximité d'un incinérateur. C'est notamment le cas dans les études européennes relatives aux malformations congénitales [Nouwen, 2001 ; Chevrier, 2002] ou aux cancers [Elliott, 1992 ; Elliott, 1996 ; Elliott, 2000 ; Michelozzi, 1998 ; Viel, 2000].

Dans les études d'évaluation du risque sanitaire conduite pour des installations d'incinération, les auteurs s'accordent à constater, concernant les dioxines, polluant le plus étudié, que pour les installations récentes, bien contrôlées, le risque de cancer estimé, même pour les personnes les plus exposées (pas les travailleurs), est faible voire négligeable (par exemple un risque de cancer vie entière inférieur à 1 pour 100 000) ; et que pour certains anciens incinérateurs, mal contrôlés, le risque de cancer serait plus élevé (par exemple un risque de cancer vie entière supérieur à 1 pour 10 000) [Boudet, 1999 ; SFSP, 1999 ; NRC, 2000 ; Yoshida, 2000 ; Schuhmacher, 2001 ; Ma, 2002].





## **12 - Annexe II - Exposition des travailleurs aux substances CMR**

Dans les chapitres qui suivent, nous citerons les différents polluants mis en évidence sur les sites ou à proximité des sites puis exposerons les résultats des mesures d'exposition pour les travailleurs (concentrations des polluants dans l'atmosphère des sites, concentrations des marqueurs d'exposition dans les milieux biologiques).

Dans ce chapitre, nous avons placé les résultats d'une étude européenne ayant porté sur l'estimation des effectifs de travailleurs exposés à des substances cancérigènes. Les données relatives à l'exposition des travailleurs en France pour les années 1990-1993 ont été extraites de ce travail et publiées.

Pour caractériser la situation française des travailleurs du stockage des déchets ménagers, nous avons pu nous appuyer sur un important travail conduit par plusieurs équipes coordonnées par le Réseau Santé Déchets. Le rapport présenté en novembre 2000 fournit de multiples renseignements sur les postes de travail, les niveaux d'expositions des travailleurs aux polluants microbiologiques et aux polluants chimiques dans l'ambiance de travail de deux gros sites de stockage de classe II.

Pour la situation d'exposition des travailleurs de l'incinération des OM, nous avons pu nous référer au rapport remis à l'ADEME en 1996 par l'équipe de santé et médecine du travail de Grenoble.

### **12.1 Les polluants chimiques identifiés dans les filières de déchets**

La voie d'exposition majoritaire des salariés des filières de traitement des déchets est la voie respiratoire ; toutefois, il ne faut pas négliger la voie cutanée qui est une modalité de contact fréquente sur le lieu de travail, certains composés pouvant passer la barrière cutanée. Par ailleurs une contamination par la voie digestive est possible, par le phénomène main-bouche, en particulier lorsque l'hygiène des mains n'est pas suffisante et que le salarié fume sur le lieu de travail.

#### **12.1.1 Dans les sites de déchets dangereux**

Les sites de déchets dangereux ont fait l'objet des nombreuses études publiées aux USA. Ces sites sont de natures diverses : centres de stockage, installations de traitement et de recyclage de déchets dangereux comportant parfois des installations de traitement thermique des déchets.

Les sites de déchets dangereux contiennent typiquement un grand mélange de substances [Johnson, 1995]. Les composés chimiques mis en évidence dans l'air des centres de stockage des déchets dangereux sont nombreux : benzène, toluène, éthylbenzène, xylène, perchloréthylène, trichloréthylène, hydrocarbures aliphatiques dont C<sub>7</sub>-C<sub>9</sub> [Héry, 1995].

Selon des critères de fréquence, de toxicité et de potentiel d'exposition de l'homme, les dix substances prioritaires de l'ATSDR aux USA sont dans l'ordre : plomb, arsenic, mercure métallique, chlorure de vinyle, benzène, cadmium, biphényles polychlorés, chloroforme, benzo(a)pyrène et trichloréthylène [Johnson, 1995]. Le classement des substances pour lesquelles l'ensemble des données d'exposition est le plus souvent réuni dans les études est un peu différent : plomb, arsenic, trichloréthylène, benzène, chrome, cadmium, tétrachloroéthylène, toluène, di-2-éthylhexyl phtalate et chlorure de vinyle. La majorité de ces substances apparaît dans la liste des substances classées CMR par l'Union Européenne.

Alors que le chrome est reconnu cancérigène chez les travailleurs de l'industrie des chromates, aucune étude ne semble s'être intéressée à l'exposition à ces composés chez les travailleurs des décharges contrairement aux études en population générale au voisinage des sites de stockage ayant accueilli des déchets de chrome [McCarron, 2000].

Le trichloréthylène, solvant aux multiples usages, est un contaminant habituel de l'environnement. Il serait détecté dans plus du tiers des sites de déchets dangereux aux USA et 10% des ressources en eau [Campos-Outcalt, 1992].

Les dioxines sont présentes dans des sites de stockage des déchets dangereux. Les effets observés chez des travailleurs de divers secteurs industriels exposés à de la TCDD pure ou à des composés en contenant ont été bien décrits lors d'expositions accidentelles ou chroniques [Mukerjee, 1998].

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont produits naturellement par les feux de forêts ou les volcans mais leur principale production vient du chauffage au bois, au charbon ou au pétrole, de la production du charbon, de l'incinération des déchets et des fumées des moteurs des véhicules [Brudzewski, 1993]. Outre leur production à partir des feux, la mise en décharge des cendres des incinérateurs d'OM et des usines de chauffage au charbon représente une source potentielle de contamination de l'environnement des sites par les HAP [Wild, 1994].

Quelques études présentent le cas de sites recevant des déchets chimiques spécifiques mais l'exposition des travailleurs n'y est pas considérée. Un site "superfund" ayant contenu des déchets contaminés par la benzidine aux USA dans les années 1970 a attiré sur lui l'attention en raison des cancers (vessie et leucémies notamment) observés dans son voisinage [Choudary, 1996]. Un site de stockage des déchets contenant des PCB a contaminé les milieux environnant [Fitzgerald, 1995].

Les travailleurs des sites de déchets dangereux ont parfois également été considérés comme les vecteurs d'une contamination en direction de la population. C'est notamment le cas des travailleurs en charge de la réhabilitation des sites pollués aux USA dans le cadre du CERCLA (sites Superfund) qui

ont contaminé leurs habitations par des composés chimiques présents sur les sites (plomb, mercure) [Zirschky, 1987].

### **12.1.2 Dans les sites recevant des déchets ménagers**

Les sources de polluants dans les décharges de déchets solides aux USA ont essentiellement des déchets spéciaux des ménages et des déchets toxiques produits en petites quantités [Reinhart, 1993]. La présence des déchets dangereux dans les décharges d'OM est à l'origine d'émissions liquides et gazeuses polluant les nappes souterraines, les eaux de surface et l'air ambiant des sites.

Deux décharges étudiées en Finlande acceptent des déchets ménagers, des déchets du bâtiment, et divers autres déchets (sols, boues de STEP, rejets d'abattoirs ou d'industries) [Kirivanta, 1999]. Environ 250 composés ont été identifiés qui appartiennent aux familles suivantes : hydrocarbures aliphatiques, hydrocarbures cycliques, hydrocarbures aromatiques, esters, éthers, acides organiques, aldéhydes, cétones, alcools, composés hétérocycliques, hydrocarbures aromatiques polycycliques, hydrocarbures chlorés et composés soufrés.

La présence des PCDD et PCDF dans les décharges de déchets ménagers et leur voisinage a fait l'objet de peu d'études contrairement aux incinérateurs alors que les phénomènes d'auto ignition et les feux de plein air sont récurrents sur les sites [Kocan, 1992]. Les PCDD/PCDF ont été mesurées dans l'air de travail sur une décharge lors d'un feu déclenché [Ruokojärvi, 1995].

Dans une étude danoise, 90 composés chimiques ont été identifiés dans l'espace de tête des déchets biodégradables d'un camion de ramassage des OM [Wilkins, 1994].

Dans l'étude coordonnée par le RSD menée dans deux sites de stockage, des prélèvements individuels, représentatifs de l'exposition dans chacun des postes de travail définis lors d'une enquête préalable (conducteurs, d'engins, station d'épuration, ...), ont été effectués [Hours, 2000].

Dans la phase particulaire les polluants chimiques mesurés aux différents postes de travail sont notamment les métaux (plomb, arsenic, chrome, nickel, cadmium, manganèse) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (fluoranthène, pyrène, chrysène, benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo(g,h,i)pérylène).

Dans la phase gazeuse, ce sont les composés halogénés, les composés aromatiques monocycliques, les acides organiques, les phtalates, les mercaptans, les alcools et les phénols, les aldéhydes et les cétones, les acides minéraux ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,) et les gaz minéraux toxiques ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_3$ ).

## **12.2 L'exposition professionnelle aux agents cancérigènes en Europe**

Carex (carcinogen exposure) est une base de données internationale rassemblant des informations sur l'exposition professionnelle aux cancérigènes ; elle donne accès à des données spécifiques par pays et par secteur industriel. Les données portent sur 139 cancérigènes évalués par le CIRC. L'estimation de l'exposition professionnelle à ces agents, de 1990 à 1993, pour les 15 pays de l'Union européenne, s'est effectuée en deux étapes.

Les estimations sont d'abord générées automatiquement par CAREX, sur la base des données nationales sur la population active et des estimations de taux d'exposition dans deux pays de référence (Etats-Unis et Finlande). Puis, un réseau d'experts nationaux a évalué ces estimations en fonction de leurs similarités ou différences par rapport aux circonstances d'exposition perçues dans leurs propres pays. Pour la France, pendant cette période, il y avait environ 5 millions de travailleurs potentiellement exposés aux cancérigènes couverts par CAREX. Expositions les plus courantes : rayonnements solaires (1,5 million de travailleurs exposés pendant au moins 75 % de leur temps de travail), fumée de tabac dans l'environnement professionnel (1,2 million pendant au moins 75 %), radon (500 000 travailleurs), émissions de diesel (400 000), brouillards d'acide sulfurique (400 000), formaldéhyde (300 000), poussières de bois (180 000), tétrachloroéthylène (140 000), amiante (140 000), plomb et composés inorganiques de plomb (140 000).

Les estimations françaises ont été obtenues à partir de plusieurs sources de données : l'enquête SUMER réalisée en 1994 par le ministère du Travail, la base de données nationale d'exposition professionnelle COLCHIC de l'INRS en utilisant les données rassemblées pendant la période 1990/1996, des statistiques sur l'économie et l'emploi publiées par le ministère du Commerce ou l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) (tableau 11).

**Tableau 11 : Estimation du nombre de travailleurs potentiellement exposés en France par agent cancérigène (Source Carex)<sup>10</sup>**

<b>Agent cancérigène</b>	<b>Travailleurs exposés</b>	<b>Agent cancérigène</b>	<b>Travailleurs exposés</b>
Acrylamide	13 403	Formaldéhyde	307 025
Brouillards d'acides inorganiques forts contenant de l'acide sulfurique	375 461	Laine de verre	128 892
Acrylonitrile	5 925	Radiations ionisantes	22 114
Adriamycine	27 714	Dichlorométhane	58 027
Aflatoxines	799	Melphalan	2 050
Arsenic et ses composés	25 920	N-Méthyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG)	600
Amiante	138 111	4,4'-Méthylène bis(2-chloroaniline), (MOCA)	1 041
Azacitidine	138	Gaz moutarde (moutarde soufrée)	247
Azathioprine	339	1,4-Butanediol diméthanésulfonate (Myleran)	865
Bis(chlorométhyl)éther et chlorométhyl méthyl éther	2 250	N-Nitrosodiéthylamine	6 920
Bischloroéthyl nitrosourée (BNCU)	2 076	N-Nitrosodiméthylamine	5 566
1,3-Butadiène	9 584	Composés du Nickel	46 541
Colorants à base de benzidine	7 027	Moutarde azotée	590
Béryllium et ses composés	11 620	Contraceptifs oraux, combinés	1 020
Benzène	69 575	Contraceptifs oraux, séquentiels	1 020
2-Naphtylamine	465	Oestrogènes non-stéroïdiens	1 020
Benzidine	1 595	Oestrogènes stéroïdiens	1 020
Chloramphénicol	9 281	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA), sauf fumée de tabac	117 202
Tétrachlorure de carbone	23 790	Plomb et composés du plomb inorganiques	135 474
1-(2-Chloroéthyle)-3-cyclohexyle-1-nitrosourée	636	Polybiphényles chlorés(PCB)	5 311
Cadmium et ses composés	22 034	Para-chloro-ortho-toluidine et ses sels d'acides forts	193
Fibres de Céramique	17 478	Pentachlorophénol	9 794
Chlorambucil	2 218	Tétrachloroéthylène	140 913
Ciclosporine	1 647	Phénacétine	1 402
Cis-platine	4 733	Hydrochlorure de procarbazine	344
Cobalt et ses composés	36 138	Radon et ses produits de désintégration	523 971
Chrome VI et ses composés	67 961	Silice cristalline	108 164
Cyclophosamide	9 036	Rayonnement solaire	1 523 308
Chlorozotocine	69	Oxyde de 7,8-styrène	1 961

<sup>10</sup> Carex. Système international d'information sur l'exposition professionnelle aux agents cancérigènes en Europe. Note documentaire de l'INRS, ND 2113-176-99.

Fumées d'échappement Diesel	410 499	Styrène	50 058
Diéthylstilboestrol	386	Phosphate de tris(2,3-dibromopropyle)	124
Sulfate de diéthyle	1 248	1,2,3-Trichloropropane	227
Sulfate de diméthyle	2 932	Thiotepa	2 964
1,2-Dibromoéthane	9 561	Tric hloroéthylène	111 672
Epichlorhydrine	11 190	Chlorure de vinyle	7 951
Oxyde d'éthylène	13 320	Poussières de bois	177 949
Fumée de tabac (environnement)	1 162 464		

**Tableau 12 : Mesures de certains polluants par prélèvements individuels chez des travailleurs de deux UIOM [SFSP 1999]**

Polluants	salle de contrôle		conducteurs		agent fosse	agent déch. Hosp.	trémie	mécanicien		mâchefer		agent cendres		traite-ment fumée	Valeur de référence VME/VLE
	centre 1	centre 3	centre 1	centre 3	centre 1	centre 3	centre 1	centre 1	centre 3	centre 1	centre 3	centre 1	centre 3	centre 1	
Particules mg/m <sup>3</sup>															
fract° totale	0.16	0.22	0.3	0.76	1.28	1	6.43	0.9	1.2	0.47	2.9	5.18	2	0.58	10 mg/m <sup>3</sup>
fract° < 5 µ	0.1	0.17	0.16	0.23	0.09	0.4	0.9	0.21	0.2	0.25	0.2	0.12	0.4	1.16	5 mg/m <sup>3</sup>
Pb µg/m <sup>3</sup>	0.13	1.43	0.3	1.04	0.85	7.61	3.03	1.59	1.36	0.91	11.15	25.47	8.6	0.51	150 µg/m <sup>3</sup>
Cd µg/m <sup>3</sup>	0.1	0.07	0.03	0.05	0.06	0.15	0.4	0.09	0.06	0.49	0.3	3.56	0.35	0.05	50 µg/m <sup>3</sup>
Cr µg/m <sup>3</sup>	1.55	0.2	0.4	0.61	0.12	0.4	2.46	1.07	0.14	0.1	1.81	0.47	0.89	0.43	50 µg/m <sup>3</sup>
Ni µg/m <sup>3</sup>	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.49	0.03	0.03	0.02	0.1	0.09	0.04	0.02	1000 µg/m <sup>3</sup>
Cu µg/m <sup>3</sup>	0.15	0.58	0.21	0.42	0.62	1.2	2.46	1.62	0.55	0.47	7.2	5.04	1.76	0.57	200 µg/m <sup>3</sup>
As µg/m <sup>3</sup>	0.1	/	0.1	/	0.11	/	2.22	0.14	/	0.1	/	0.43	/	0.11	10 µg/m <sup>3</sup>
HC totaux µg/m <sup>3</sup>	308	134	302	352	432	4436	1079	9158	1087	891	185	/	/	1253	-
HAM ttx µg/m <sup>3</sup>	112	74	71	214	131	2168	262	686	393	158	99	/	/	252	-
HC chlorés ttx µg/m <sup>3</sup>	108	15	177	79	209	681	453	7258	256	535	27	/	/	952	-
Formaldéhyde µg/m <sup>3</sup>	15.2	5	16	4	21.7	4	42.4	/	4	19.3	2	/	4	7	616 µg/m <sup>3</sup>
Acétaldéhyde µg/m <sup>3</sup>	21.6	35	22	18	38	30	71.1	/	21	34.2	19	/	14	25.3	180000 µg/m <sup>3</sup>
Acroléine µg/m <sup>3</sup>	0.6	/	0.25	/	0.3	/	1.8	/	/	0.8	/	/	/	0.4	250 µg/m <sup>3</sup>

HC : hydrocarbures, HAM : hydrocarbures aromatiques monocycliques (benzène, toluène, xylène)

[source : STOKLOV 1996].



Tableau 13 : Mesures des composés chimiques dans l'air ambiant des décharges de déchets [Hours, 2000]

Etudes	RSD, 2000 France		Allen, 1997, GB	Loizidou, 1992, Grèce	La Regina, 1986, Grèce	Rettenberger, 1988	Assmuth, 1992, Finlande	Autres études citées par Assmuth
	2 décharges OM + DIB (ambiances des sites)	7 décharges OM + DIB avec collecte du biogaz sauf 1						
<b>Composés chimiques (en mg/m<sup>3</sup>)</b>	Site 1	Site 2						
<b>Composés aromatiques</b>	5.10 <sup>-3</sup> - 743.10 <sup>-3</sup>	<2.10 <sup>-3</sup> - 1,24	94-1906					
<b>Composés halogénés</b>	2,3.10 <sup>-3</sup> - 9,5.10 <sup>-3</sup>	0,22.10 <sup>-3</sup> - 0,376	327-1239					
<b>Benzène</b>	1,41.10 <sup>-3</sup> - 45.10 <sup>-3</sup>	0,142.10 <sup>-3</sup> - 13.10 <sup>-3</sup>	<0,1-7				0,17-9	0,4-180
<b>Toluène</b>	3.10 <sup>-3</sup> - 11,8.10 <sup>-3</sup>	2,35.10 <sup>-3</sup> - 0,289	10-287				0,23-137	8-460
<b>Trichloréthylène</b>	0,053.10 <sup>-3</sup> - 1,2.10 <sup>-3</sup>	0,08.10 <sup>-3</sup> - 0,234	<0,1-152	2,3.10 <sup>-3</sup> -23,3.10 <sup>-3</sup>	6,6.10 <sup>-3</sup>	0,1-46	<0,1-5,3	<0,1-170
<b>Tétrachloroéthylène</b>	0,036.10 <sup>-3</sup> - 0,86.10 <sup>-3</sup>	0,035.10 <sup>-3</sup> - 0,185	<0,1-255	3,2.10 <sup>-3</sup> -55.10 <sup>-3</sup>	44,3.10 <sup>-3</sup>	0,02-4	1,3-4,7	<0,1-350

## **12.3 Les mesures d'exposition dans l'air des sites de déchets**

### **12.3.1 Sur les sites de déchets dangereux**

Pour évaluer l'exposition de sujets suspectés d'être fortement exposés sur un site de déchets dangereux, il est nécessaire au préalable de définir les média primaires (sol, air, eau, aliments) contenant les polluants et les voies d'entrée dans l'organisme [Lioy, 1995]. Compte tenu que des polluants (benzène, trichloréthylène par exemple) sont également présents dans la vie courante, pour évaluer l'exposition attribuable à un site, il sera nécessaire d'identifier les différents microenvironnements et les activités qui contribuent à l'exposition totale à ces produits.

Dans le cadre de la surveillance des sites de déchets dangereux aux USA, notamment lors des opérations de réhabilitation des sites, de nombreuses études ont été faites depuis le début des années 1980 pour mesurer les polluants dans l'ambiance de travail des sites et les comparer aux valeurs limites recommandées par les organismes officiels américains (OSHA, NIOSH et ACGIH).

Les polluants minéraux (Al, Ca, Fe, Ph,) et organiques (Toluène, Xylène) mesurés par prélèvements d'ambiance et prélèvement personnels dans l'air d'un site de stockage de déchets dangereux du New-Jersey sont en dessous des valeurs limites en milieu professionnel établies par l'OSHA et le NIOSH [Costello, 1982]. Les résultats des prélèvements dans les unités de traitement et de stockage de déchets chimiques montrent des taux généralement à peu près dix fois inférieurs aux recommandations de l'ACGIH en raison des mesures de prévention qui sont prises et aucune concentration moyenne ne dépasse la valeur limite [Pedersen, 1995]. Le niveau d'exposition dans l'air ambiant du plomb et des poussières se situent en dessous des valeurs limites admissibles en milieu professionnel aux USA (NIOSH et ACGIH) pour les travailleurs lors des phases préliminaires à des opérations de réhabilitation de sites pollués par des déchets de plomb [Romine, 2002].

Les résultats des prélèvements effectués lors de petits travaux, professionnels ou domestiques (exposition moyenne combinée = 85 ppm pour les travaux de peinture-vernissage, 24 ppm dans les salons de beauté et 12 ppm dans la réparation automobile) permettent aux auteurs d'attirer l'attention du public sur les expositions liées à ces activités routinières [Pedersen, 1995]. Les composés pris en compte dans l'exposition combinée sont des alcools, des cétones, des alcanes, des composés aliphatiques chlorés, des esters, le benzène, le toluène et les xylènes ainsi que des composés naphta.

Les concentrations en PCDD/PCDF lors d'un feu déclenché sur une décharge allaient de 51 à 427 pg I-TEQ/m<sup>3</sup> dans l'air de travail apportant la démonstration de la nécessité de prendre en considération ces émissions vis-à-vis des travailleurs [Ruokojärvi, 1995].

### **12.3.2 Sur les sites de déchets ménagers**

On dispose de peu d'études sur les niveaux de pollution aux postes de travail dans différents types de centres de traitement des déchets. Il semblerait qu'en ce qui concerne les déchets ménagers, les

différents toxiques soient présents, mais à des niveaux d'exposition relativement faibles. Dans la plupart des cas où une valeur moyenne d'exposition (VME) en milieu professionnel existe, ces niveaux dépassent rarement 20% de la VME - y compris pour les dioxines et furanes (tableau 12). On notera que les valeurs de référence professionnelle sont habituellement très élevées par rapport aux normes appliquées pour la population générale lorsque les deux valeurs existent. Cependant, il a pu être noté des taux ponctuels relativement élevés, au niveau des trémies à l'entrée des fours d'incinération des OM [SFSP 1999].

Des dépassements de la valeur limite fixée par le NIOSH pour les poussières de silice cristalline respirable ( $0,05 \text{ mg/m}^3$ ), classée cancérogène groupe I par le CIRC, ont été observés pour 6 des 9 prélèvements (individuels et ambiance de la cabine) faits dans trois sites de stockage des déchets au Canada recevant des déchets ménagers ainsi que des déchets industriels solides ( $0,04$  à  $0,20 \text{ mg/m}^3$ ) [Mozzon, 1987]. Sur un site, les mesures du plomb vont de  $<0,001$  à  $0,003 \text{ mg/m}^3$  pour les prélèvements individuels ( $n=4$ ) et les prélèvements en cabine ( $n=4$ ).

Les concentrations moyennes en COV atteignent  $2\ 850 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  dans un local de broyage des OM alors qu'elles ne sont que de  $640 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  sur les décharges. Environ 250 composés ont été identifiés mais aucun ne dépasse les valeurs limites professionnelles recommandées en Finlande [Kirivanta, 1999]. Dans trois sites de recyclage des déchets ménagers du Canada, le CO est mesuré à des taux allant de 50% à 100% de la valeur recommandée en milieu professionnel (ACGIH TLVs) [Lavoie, 2001].

Dans l'étude relative aux émissions de deux centres de stockage d'OM coordonnée par le RSD, divers polluants chimiques ont été mesurés [Hours, 2000]. Le résumé des mesures aux postes de travail est présenté ci-dessous. Les résultats sont comparés aux résultats de quelques autres études publiées (tableau 13). Il n'a pas été trouvé d'arsenic dans les prélèvements des deux sites étudiés.

#### 12.3.2.1 Résumé des résultats des mesures aux postes de travail des deux sites français

L'**arsenic** n'est pas retrouvé dans les prélèvements des sites. Le plomb et le manganèse (élément non classé CMR) sont les éléments majoritaires.

A tous les postes, les concentrations en **plomb** sont inférieures à 0,1% de la VME française fixée réglementairement à  $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Ces valeurs sont comparables aux valeurs recommandées en zone urbaine par l'OMS ( $0,5$  à  $3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ).

Pour le **nickel**, les concentrations mesurées sont inférieures à 0,1% de la VME indicative française fixée à  $1 \text{ mg/m}^3$ . Chez les conducteurs BTP, les concentrations mesurées sont une fois et demie à deux fois et demie plus élevées que les concentrations en zone urbaines.

Pour le **chrome**, les concentrations les plus élevées sont de l'ordre de 1‰ de la VME indicative française fixée à  $0,05 \text{ mg/m}^3$  pour le chrome (conducteurs BTP). Elles sont deux à huit fois supérieures aux valeurs en zone urbaine ( $0,005$  à  $0,2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ).

Pour le **cadmium**, les concentrations les plus élevées représentent 1‰ de la VME indicative française fixée à 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour le cadmium et ses composés (conducteurs BTP). Elles sont inférieures à la valeur communément retrouvée en milieu urbain (0,06 µg/m<sup>3</sup>).

Les concentrations en **benzo(a)pyrène** [B(a)P] atteignent 5,6% de la valeur de 150 ng/m<sup>3</sup> (8,4 ng/m<sup>3</sup>) que la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) recommande de ne pas dépasser au poste de travail (conducteurs d'engins de l'alvéole et polyvalents). Elles sont comparables à celles mesurées chez des salariés chargés de la collecte des déchets au Japon.

Pour les **HAP totaux**, les concentrations mesurées (entre 10 et 67 ng/m<sup>3</sup>) sont du même ordre que celles retrouvées dans la rue au Danemark (46,6 ng/m<sup>3</sup>) ou chez des agents de police municipaux à Grenoble (2,1 à 74 ng/m<sup>3</sup>).

Pour le **benzène**, la concentration la plus élevée est inférieure à 1% de la VME française fixée à 16 mg/m<sup>3</sup> (5 ppm). Elle est du niveau des concentrations mesurées en zone urbaine.

Pour le **trichloréthylène**, la concentration maximale mesurée est inférieure à 0,3% de la VME indicative française fixée à 405 mg/m<sup>3</sup> ou 75 ppm (conducteurs d'engins de l'alvéole).

Pour le **tétrachloroéthylène**, elle est inférieure à 0,2% de la VME indicative française fixée à 335 mg/m<sup>3</sup> ou 50 ppm (conducteurs d'engins de l'alvéole).

Pour ces deux composés, les concentrations maximales mesurées aux postes de travail sont du même ordre que les concentrations environnementales.

L'estimation de l'exposition globale des salariés aux **COV** indique une exposition de l'ordre de 5% de la VME pour les agents les plus exposés (conducteurs d'engins) alors que les valeurs sont inférieures à 1% aux autres postes de travail.

La concentration en **formaldéhyde** atteint 5% de la VME indicative française fixée à 0,5 ppm soit 0,61 mg/m<sup>3</sup>.

La concentration en **acétaldéhyde** est inférieure à 0,1% de la VME indicative française fixée à 180 mg/m<sup>3</sup> ou 100 ppm.

En conclusion : Les concentrations mesurées aux postes de travail de deux sites de stockage des déchets ménagers représentatifs du parc français de classe II sont inférieures ou très inférieures pour tous les polluants mesurés (particules, métaux, COV, HAP et aldéhydes) aux valeurs de moyenne d'exposition (VME) retenues en France comme valeurs limites en milieu professionnel.

Les concentrations mesurées aux postes de travail sont comparables ou inférieures aux concentrations environnementales du milieu urbain sauf en ce qui concerne certains métaux (chrome, nickel) pour lesquels les concentrations dépassent les niveaux urbains.

## **12.4 Les marqueurs biologiques d'exposition chez les travailleurs**

Pour apprécier l'exposition des travailleurs aux polluants chimiques, des études nombreuses concernent la mesure des polluants ou de leurs métabolites dans le sang ou les urines des travailleurs. Bien que particulièrement intéressante car témoignant de l'absorption des polluants par les sujets exposés, la mesure des marqueurs biologiques d'exposition traduit l'exposition totale des sujets et ne permet pas de distinguer les différentes sources d'exposition, professionnelle et non professionnelle. Par ailleurs, les relations entre les niveaux d'exposition mesurés dans l'ambiance de travail et les valeurs observées dans les milieux biologiques sont complexes et la correspondance entre les uns et les autres fait rarement l'objet d'un consensus scientifique. Si des valeurs limites professionnelles établies par les agences nationales existent pour les premiers, c'est rarement le cas pour les seconds.

Chez les sujets exposés professionnellement à l'arsenic inorganique, la mesure de la somme  $As^3 + As^5$  dans les urines serait un indicateur biologique d'exposition intéressant notamment pour prendre en compte les apports alimentaires de l'arsenic. Pour des concentrations dans l'air de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , fixée comme valeur limite dans l'environnement, l'excrétion urinaire de  $As^3 + As^5$  serait de l'ordre de  $5 \mu\text{g}/\text{l}$  [Apostoli, 1999]. Le même niveau de concentration dans l'air conduirait à des concentrations urinaires en arsenic urinaire total (As inorganique + acide monométhylarsonique + acide diméthylarsinique) de l'ordre de  $30 \mu\text{g}/\text{l}$  [Jakubowski 1998]. Le dosage de l'arsenic urinaire a notamment été utilisé pour rechercher une exposition supérieure chez des riverains d'un site de déchets dangereux au Colorado par rapport à des sujets témoins [Reif, 1993]. Les résultats n'indiquent pas de différence entre les deux populations. Certains facteurs liés au comportement ou à l'activité professionnelle seraient associés à une élévation de l'arsenic urinaire.

Trois indicateurs sont recommandés aux USA pour la surveillance biologique des personnes exposées professionnellement au cadmium : le cadmium urinaire (indicateur d'une exposition de longue durée), la beta 2 microglobuline urinaire (indicateur d'effet sur le rein) et le cadmium sanguin (indicateur d'une exposition récente) [McDiarmid, 1996]. Des indications quant à l'attitude à avoir vis-à-vis de l'exposition sont tirées des résultats de la surveillance (sujet normal, sujet à soustraire de l'exposition au risque, sujets intermédiaires) (tableau 14). La valeur limite d'exposition professionnelle (PEL) établie par l'OSHA pour le cadmium est de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La récente valeur de l'ACGIH pour le cadmium et ses composés exprimé en cadmium est de  $0,01 \text{mg}/\text{m}^3$ .

La mesure de l' $\alpha$ 1-microglobuline urinaire serait un indicateur sensible et précoce d'atteinte tubulaire rénale chez les salariés exposés alors que la mesure du cadmium sanguin reflèterait l'exposition plusieurs années après la fin de l'exposition [Jarup, 1997].

**Tableau 14 : Standard établi par l'OSHA pour classer les résultats de la surveillance biologique des sujets exposés professionnellement au cadmium [McDiarmid, 1996]**

Indicateur biologique	Catégories de résultats		
	A	B	C*
<b>Cadmium urinaire (en µg/g de créatinine)</b>	< 3	> 3 et < 15	> 15
<b>Beta 2 microglobuline urinaire (en µg/g de créatinine)</b>	< 300	> 300 et < 1 500	> 1 500
<b>Cadmium sanguin (en µg/l de sang total)</b>	< 5	> 5 et < 15	> 15

\* un sujet dont le taux beta 2 microglobuline dépasse 1 500 µg/g de créatinine ne fait l'objet d'un avis médical de retrait que si l'un au moins des deux autres indicateurs est de catégorie C.

Le chrome n'est pas souvent dosé dans les liquides biologiques. Le chrome érythrocytaire et le chrome urinaire ont été dosés comme indicateur d'exposition dans l'industrie du chrome [Bukowski, 1992]. En milieu professionnel, le chrome urinaire renseignerait plutôt sur une exposition récente et de courte durée (exposition de fin de poste) et ne différencierait pas le chrome hexavalent du chrome trivalent. La détermination du chrome érythrocytaire mesurerait le chrome hexavalent spécifiquement et rendrait compte d'une exposition cumulative pouvant remonter à trois ou quatre mois. Cependant, cette mesure serait plus efficace dans le cas d'exposition ayant dépassé les possibilités de réduction du chrome VI en chrome III. Des mesures du chrome érythrocytaire et du chrome urinaire ont notamment été pratiquées chez des travailleurs de parcs et jardins [Bukowski, 1992] et le chrome urinaire chez des résidents [Stern, 1992] dans le comté de Hudson au New Jersey où des terrains sont contaminés par des déchets de chrome de l'industrie des chromates. Dans ces populations exposées, les indicateurs biologiques utilisés ne montrent pas de différence avec les résultats observés dans des populations témoins. Un an après la première campagne, l'information et les efforts de réhabilitation semblent avoir contribué à la réduction des concentrations en chrome mesurées dans les habitations. La mesure du chrome urinaire chez les enfants n'apparaît pas comme un bon indicateur de ces améliorations [Freeman, 1995].

Le plomb est une des substances toxiques les mieux étudiées. La surveillance du plomb sanguin permet de suivre une intoxication récente mais est moins intéressante pour détecter un effet toxique. Récemment, le CDC a recommandé des valeurs limites de plombémie inférieures à 10 µg/dl (chez les enfants), alors que pendant longtemps ce taux était de 80 µg/dl en population générale et 120 µg/dl chez les travailleurs [Gochfeld, 1993]. Or, le taux habituel de plombémie aux USA était, dans les années 1980, de 15 à 25 µg/dl. La plombémie a été mesurée chez 568 travailleurs du secteur des déchets dangereux du New Jersey. Les résultats varient de 2,0 à 20,7 µg/dl avec une moyenne à 5,8 µg/dl qui serait plutôt inférieure à ce que l'on trouve dans d'autres industries et même que la population générale des USA (8 µg/dl).

La benzidine, la N-acétylbenzidine et la N,N'-diacétylbenzidine sont des marqueurs d'exposition à la benzidine qui peuvent être recherchés dans les urines de sujets exposés [Choudary, 1996].

Le benzène est un composé chimique pour lequel existe un grand nombre d'indicateurs biologiques d'exposition. Il est en effet possible de rechercher et de doser le benzène dans le sang qui est un indicateur sensible et spécifique, bien corrélé à l'exposition, même pour des expositions très faibles [Biotox, 2002]. Le dosage du benzène dans les urines est également possible mais ce dosage n'est pas assez sensible pour des expositions faibles (< 0,3 ppm). Le benzène peut enfin être mesuré dans l'air expiré comme test de confirmation chez un travailleur avant le début du poste suivant. Des dosages urinaires de métabolites du benzène sont également utilisés comme indicateurs d'une exposition à ce composé. Les phénols urinaires totaux sont un bon indicateur des expositions importantes (> 10 ppm). Le dosage urinaire de l'acide trans, trans-muconique (t,t-MA) est un bon indicateur d'une exposition en fin de poste, pour des concentrations moyenne d'au moins 0,25 ppm, il est sensible et plus spécifique que le dosages des phénols. Le dosage urinaire de l'acide S-phénylmercapturique (S-PMA) est très sensible et plus spécifique que celui du t,t-MA. Il est particulièrement intéressant pour des expositions inférieures à 1 ppm.

Plusieurs composés organiques volatils ou certains de leurs métabolites sont mesurables dans les liquides biologiques. C'est le cas notamment du trichloréthylène qu'il est possible de doser dans le sang et dans les urines de sujets exposés. L'acide trichloroacétique (TCA) et le trichloroéthanol, deux métabolites du trichloroéthylène, peuvent être dosés dans le sang ou les urines des sujets. Seul le dosage sanguin est proposé comme indicateur d'une exposition au trichlorométhane. Les dosages sanguins et urinaires du tétrachloroéthylène sont proposés comme IBE ainsi que le dosage du TCA sanguin ou urinaire.

Le guide BIOTOX<sup>11</sup> édité par l'INRS regroupe les informations relatives aux dosages biologiques de nombreux toxiques fréquemment rencontrés en milieu industriel.

#### **12.4.1 Les dosages biologiques chez les travailleurs des sites de déchets**

Dans un site de stockage de déchets dangereux récemment ouvert au Mexique, à la suite de pluies torrentielles, des fuites sont apparues nécessitant des transferts des fûts stockés sur le site [Diaz-Barriga, 1993]. Divers indicateurs biologiques ont été utilisés pour estimer l'exposition des travailleurs par rapport à des sujets témoins : plomb sanguin (7,7 contre 5,6 µg/dl), cadmium sanguin (non détectable), arsenic urinaire (52,2 contre 35,6 µg/g créatinine), arsenic (0,13 contre 0,03 µg/g) et cadmium dans les cheveux (0,14 contre 0,12 µg/g), phénols urinaires (non détectables). Parmi les métaux urinaires (As, Pb, et Cd), seuls les taux d'arsenic étaient plus élevés chez les exposés que chez les témoins [Gonsebatt, 1995].

---

<sup>11</sup> BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Edition de l'INRS ED 791. Mise à jour juin 2002

Des équipes se sont spécialisées dans le dosage des PCB dans le sang de sujets professionnellement exposés. Plusieurs isomères de PCB seraient des indicateurs d'une exposition professionnelle notamment chez les travailleurs du stockage des déchets dangereux (3,3',4,4',5-PentaCB) [Luotamo, 1993].

En Allemagne, l'exposition de 53 salariés d'un incinérateur de déchets ménagers a été évaluée par le dosage du benzène sanguin, de l'hexachlorobenzène dans le plasma, de 8 chlorophénols et de l'hydroxypyrene urinaires et comparée à celle de 431 sujets non exposés professionnellement [Angerer, 1992]. Les niveaux plus élevés d'hydroxypyrene et d'hexachlorobenzène dans les liquides biologiques des travailleurs pourraient être liés à l'incinération des déchets. Cependant, les élévations constatées par rapport aux témoins sont faibles et les valeurs absolues trouvées restent en deçà des valeurs décrites dans la littérature pour des sujets non exposés professionnellement.

Un plan de surveillance humaine et environnementale a été décidé au voisinage d'un incinérateur de déchets dangereux en Espagne avant son ouverture (point zéro) [Domingo, 2001]. Les composés organiques ont été mesurés dans le sang et les urines chez 28 salariés (22 hommes et 6 femmes) ; les métaux ont été mesurés dans les urines. Les niveaux en benzène sont inférieurs aux limites de détection. Les niveaux en hexachlorobenzène (HCB), PCBs et PCDD/Fs sont présentés dans le tableau 15. Les niveaux mesurés en PCBs, en PCDD/Fs ou en métaux sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus dans la population catalane (résultats préalablement publiés).

**Tableau 15 : Concentrations sanguines en HCB, PCBs ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  lipides) et PCDD/Fs (I-TEQ/g lipides) chez des salariés d'un incinérateur de déchets dangereux en Espagne avant sa mise en service ("point zéro") [Domingo, 2001]**

Substance	Moyenne arithmétique	Déviati on standard	Minimum	Maximum
<b>HCB</b>	152,0	163,8	19,4	854,0
<b>2,4,4'-Tri-PCB28</b>	18,5	14,4	0,6	55,1
<b>2,2',5,5'-Tetra-PCB52</b>	10,4	8,4	1,7	30,7
<b>2,2',4,5,5'-Penta-PCB101</b>	9,0	6,4	1,6	30,0
<b>2,2',3,4,4',5-Hexa-PCB138</b>	151	113	50	642
<b>2,2',4,4',5,5'-Hexa-PCB153</b>	213	151	67	840
<b>2,2',3,4,4',5,5'-Hepta-PCB180</b>	209	184	38	925
<b>PCDD/Fs</b>	27,6	16,2	13,4	84,0

Après la mise en service de l'incinérateur, les taux sanguins de divers composés organiques (hexachlorobenzène, PCBs, PCDD/Fs, 2,4,6-trichlorophénol, pentachlorophénol, 1-OH pyrene notamment) et de métaux (Be, Mn, Hg, Pb) ainsi que les concentrations urinaires de quelques métaux (Cd, Cr, Ni, V) ont été mesurés chez 23 des 28 travailleurs ayant participé à l'étude avant la mise en service de l'installation [Schuhmacher, 2002].

Les concentrations plasmatiques moyennes mesurées sont :



- Hexachlorobenzène : 115,4 µg/kg lipides,
- PCBs : 2,4,4'-tri-PCB28 = 2,2 µg/kg lipides, 2,2',5,5'-penta-PCB52 = 1,3 µg/kg lipides, 2,2',4,5,5'-penta-PCB101 = 2,0 µg/kg lipides, 2,2',3,4,4',5'-hexa-PCB138 = 125,4 µg/kg lipides, 2,2',4,4',5,5'-hexa-PCB153 = 89,0 µg/kg lipides, 2,2',3,4,4',5,5'-hepta-PCB180 = 121,7 µg/kg lipides,
- PCDD/Fs : 16,9 ng I-TEQ/kg lipides.

Dans les urines les taux mesurés sont :

- 2,4,6-Trichlorophénol : 2,6 µg/g créatinine,
- Pentachlorophénol : 1,9 µg/g créatinine

Pour les métaux, les concentrations sanguines moyennes sont :

- Plomb : 39,6 µg/l,
- Mercure : 10,9 µg/l,

Dans les urines, les concentrations en métaux sont :

- Cadmium : 0,48 µg/g créatinine,
- Chrome : 0,4 µg/g créatinine,
- Nickel : 3,37 µg/g créatinine.

Selon les auteurs aucune différence avec les taux de référence mesurés avant la mise en service de l'installation ni selon le poste occupé n'est observée dans le cadre de cette étude (tableau 16). Compte tenu des effectifs des salariés inclus pour l'étude, les variations observées ne sont pas statistiquement significatives.

**Tableau 16 : Evolution des concentrations sanguines en HCB, PCBs (µg/kg lipides) et PCDD/Fs (I-TEQ/g lipides) chez des salariés avant la mise en service et après un an de fonctionnement d'un incinérateur de déchets dangereux en Espagne [Schuhmacher, 2002]**

Substance	1999		2000	
	Moyenne arithmétique	Déviation standard	Moyenne arithmétique	Déviation standard
<b>HCB</b>	134	186	84	33
<b>2,4,4'-Tri-PCB28</b>	18,5	14,4	2,5	2,5
<b>2,2',5,5'-Tetra-PCB52</b>	10,7	8,8	1,5	1,3
<b>2,2',4,5,5'-Penta-PCB101</b>	9,1	6,7	2,1	0,9
<b>2,2',3,4,4',5-Hexa-PCB138</b>	150	131	114	32
<b>2,2',4,4',5,5'-Hexa-PCB153</b>	213	174	79	19
<b>2,2',3,4,4',5,5'-Hepta-PCB180</b>	228	208	113	26
<b>PCDD/Fs</b>	26,4	18,0	16,8	3,8

#### **12.4.2 Les dosages biologiques chez les travailleurs de sites de stockage des déchets ménagers**

L'idée d'utiliser les cheveux comme indicateur d'une exposition aux PCDD et PCDF chez des personnes qui résident et travaillent sur la décharge de déchets ménagers du Caire est intéressante du fait des phénomènes d'auto ignition et des feux de plein air qui sont récurrents sur les sites [Kocan, 1992]. Cependant, sur les deux échantillons analysés, les auteurs ne différencient pas contamination externe et contamination interne du cheveu.

Une surveillance biologique des salariés des sites et des témoins a été conduite dans le cadre de l'étude relative aux émissions de deux centres de stockage d'OM coordonnée par le RSD [Hours, 2000].

Un échantillon d'urines des mictions de début et de fin de poste a été recueilli pour chacun des salariés présents le jour de l'intervention le même jour qu'un prélèvement atmosphérique individuel. Les échantillons de 8 salariés du premier site et de 10 salariés de l'autre site ont été analysés. Pour les salariés témoins ce sont les échantillons de 14 sujets et 6 sujets des deux sites témoins qui ont été analysés.

Les indicateurs retenus sont :

- des produits minéraux : mercure inorganique (et organique), (intéressant car aucune métrologie atmosphérique individuelle ne peut être effectuée sur les salariés), arsenic, cadmium, chrome et nickel,
- des produits organiques : hydroxypyrene (métabolite du pyrene, traceur de l'exposition professionnelle aux HAP).

Les dosages ont été faits par référence au dosage de la créatinine urinaire.

Il n'apparaît pas de différence entre les concentrations urinaires de début et de fin de poste pour l'arsenic, le cadmium, le mercure, le manganèse et le nickel. Pour le chrome, il existe une différence entre début et fin de poste pour les salariés exposés. Les concentrations de fin de poste des exposés sont supérieures à celles des sujets non exposés. Les concentrations urinaires du chrome sont plus élevées chez les conducteurs d'engins. Il en est de même pour les fumeurs par rapport aux non fumeurs. Il serait intéressant de connaître la spéciation de ce métal, en effet, le chrome VI, forme soluble ubiquitaire du chrome, est classée cancérogène du groupe I par le CIRC.

Par contre, les concentrations urinaires de fin de poste en arsenic, nickel et manganèse sont plus élevées chez les témoins.

Pour les dosages du 1-hydroxypyrene urinaire, aucune différence entre début et fin de poste n'apparaît chez les exposés comme chez les témoins. Les concentrations de fin de poste ne sont pas différentes entre sujets exposés et non exposés. Les concentrations en OH pyrène de fin de poste sont plus élevées chez les fumeurs. Elles ne le sont pas chez les conducteurs d'engins.

Des concentrations sanguines en plomb plus élevées dans un groupe de témoins s'expliquent par des activités spécifiques (plombage de compteur, travail sur vieilles tuyauteries). Quelques plombémies dépassent 100 µg/l chez les exposés (réception, vérificateur, salarié s'occupant des boues de STEP). Au-delà de 80 µg/l on estime qu'une exposition environnementale ou professionnelle est vraisemblable.

#### **12.4.3 Les dosages biologiques chez les travailleurs des incinérateurs de déchets ménagers**

Quelques études se sont intéressées à faire des dosages biologiques des polluants ou de leurs métabolites chez des travailleurs d'installations d'incinération d'OM. L'avantage de ces mesures biologiques est qu'elles intègrent la totalité de la dose reçue par le salarié tant par la voie respiratoire que par la voie cutanée. Ces études montrent l'existence fréquente d'une augmentation des concentrations sanguines ou urinaires de certains composés chimiques (exemple : le plomb) chez les salariés des unités d'incinération par rapport à des salariés non exposés [Malkin, 1992 ; Angerer, 1992]. Cependant cette augmentation paraît toujours très inférieure aux normes admises en Allemagne pour les travailleurs, ou même aux normes applicables à la population générale [Wrbitzky, 1995]. Chez les salariés des unités d'incinération, les concentrations sont plus basses que celles mesurées chez les salariés d'industries spécifiques [Pedersen, 1995].

Le niveau d'exposition biologique aux dioxines et furannes exprimés en I-TEQ (toxique équivalent) n'a pas été trouvé plus élevé au travers des urines des travailleurs des incinérateurs que parmi des sujets non exposés, bien que la répartition des différents congénères soit très différente (présence importante d'octochlorodioxines, peu de TCDD) [Päpke, 1993].

Au Japon, les taux sanguins des dioxines ont été mesurés chez des travailleurs avec des résultats variables selon les postes de travail considérés et les caractéristiques de l'installation.

Chez les salariés d'incinérateurs d'OM à fonctionnement continu et chez des témoins non exposés, les taux sanguins moyens observés ne sont pas significativement différents. Les taux plasmatiques moyens de 20 congénères de PCDD ou PCDF mesurés chez 30 salariés de 3 incinérateurs d'ordures ménagères à fonctionnement continu sont respectivement : 19,2 et 22,9 pg I-TEQ/g de lipides pour l'unité A ; 28,8 et 24,5 pg I-TEQ/g pour l'unité B ; 23,4 et 23,6 pg I-TEQ/g pour l'unité C [Kumagai, 2000]. Elles ne sont pas significativement différentes. Les taux sanguins sont proches de ceux

habituellement constatés dans la population générale, 14 à 43 pg I-TEQ/g de lipides en Europe, 19 à 27 pg I-TEQ/g de lipides en Amérique du Nord et 20 à 22 pg TEQ/g de lipides au Japon.

Les taux de PCDD/F mesurés dans les sérums de 20 travailleurs de 3 UIOM à fonctionnement intermittent (16,4 - 22,8, 19,3 - 29,4 et 22,8 - 24,9 pg I-TEQ/g lipides), de même que chez 20 témoins non exposés, et les taux dans les poussières montrent que les taux sériques des travailleurs sont dans la fourchette de ceux des témoins non exposés de la population générale [Kumagai, 2002]. Toutefois, les taux de furannes sont plus élevés chez les travailleurs et présentent une relation avec la durée d'emploi. Pour certains congénères, notamment les PCDF, la surexposition observée est probablement liée à l'inhalation de poussières.

Par contre, les taux moyens de PCDD/F et PCBs sont de 93,5 pg I-TEQ/g de lipides (de 15,8 à 822,3) chez les salariés d'une UIOM, de 4,5 pg I-TEQ/g de lipides (de 0,5 à 13,4) pour la 2,3,7,8-TCDD et de 14,3 pg I-TEQ/g de lipides (de 3,13 à 54,22) pour les PCB [Kitamura, 2000]. Ils augmentent avec l'âge et selon les postes occupés, notamment les postes de traitement des cendres et de maintenance des fluidisateurs de fours. Les travailleurs seraient particulièrement exposés aux PCDD/F et PCB dans les UIOM fortement polluantes (taux moyen de 100,7 pg I-TEQ/g de lipides) [Kitamura, 2001].

## **12.5 Les tests cytogénétiques**

Dans les situations où il n'existe pas de preuve d'un lien entre l'exposition et la maladie, comme c'est le cas dans les opérations relatives aux déchets dangereux, le recours à des marqueurs biologiques, comme les tests de génotoxicité, servira de signal précoce d'une exposition ou d'un risque [Schulte, 1995].

La fréquence des échanges des chromatides sœurs et les aberrations chromosomiques de lymphocytes sont utilisées comme indicateurs des expositions à des substances toxiques. Chez des travailleurs d'un site de stockage de déchets dangereux à Mexico, la fréquence des ECS et la vitesse de prolifération cellulaire ne sont pas différentes de celles constatées chez des sujets témoins [Diaz-Barriga, 1993, Gonsebatt, 1995]. Une plus grande fréquence des aberrations chromosomiques et chromatidiennes a été observée chez les exposés. La responsabilité de l'exposition professionnelle ne peut être affirmée dans cette étude manquant de puissance et compte tenu des autres responsables possibles des altérations génétiques observées (malnutrition, expositions à des pesticides...).

La mesure de la fréquence des échanges de chromatides sœurs (ECS) a été employée pour apprécier les conséquences cytogénétiques de l'exposition aux émissions d'un site de stockage de déchets industriels à Mellery, en Belgique [Laurent, 1993, Lakhansky, 1993]. L'interprétation des résultats est délicate notamment en terme de conséquences sur la santé des populations et de surveillance.

La recherche d'aberrations chromosomiques et la détection des échanges de chromatides sœurs sont des tests de génotoxicité parfaitement connus pouvant être utilisés dans le cadre d'un suivi épidémiologique. Ils ont été utilisés lors de nombreuses études. Le test des comètes, est plus récent et de réalisation plus simple et plus rapide. Appliqués à des travailleurs d'un centre d'enfouissement de déchets, les informations qu'il amène ne sont pas de même nature que celles des essais visualisant des altérations chromosomiques, les effets observés par le test comète correspondent à des lésions primaires de l'ADN dont une grande partie pourront être prise en charge par les mécanismes de réparation habituels. Il n'en demeure pas moins, que ce test déjà largement utilisé ces dernières années lors d'études sur cultures cellulaires, pourrait être très utile à l'épidémiologie moléculaire et plusieurs équipes cherchent actuellement à démontrer sa validité dans un tel cadre [Hartman, 1998].

La mesure des adduits avec l'hémoglobine (mesure de la N-(2-cyanoéthyl)valine dans l'hémoglobine) a été utilisée pour surveiller l'exposition à l'acrylonitrile des travailleurs de l'industrie [Osterman-Golkar, 1994].

Des adduits de la benzidine et ses métabolites avec l'ADN peuvent également être des marqueurs très sensibles pour détecter et quantifier l'exposition à la benzidine. Des adduits de l'ADN pourraient être des indicateurs des effets cancérogènes de la benzidine sur certains tissus [Choudary, 1996].

## 13 - Annexe III – Bibliographie

### 13.1 Sélection de la bibliographie

#### 13.1.1 Etape 1 : Liste des références contenues dans la base du Réseau Santé Déchets

Afin d'assurer une veille sanitaire scientifique dans le domaine santé déchets, le RSD a mis en place en 1993 le dispositif Info Santé-Déchets. La base bibliographique qu'il a constituée centralise 2 400 références d'articles scientifiques publiés depuis 1992. Dans la bibliographie du rapport, les références sont signalées par leur numéro de localisation dans la base du RSD (par exemple LO : 2037). Lorsque l'article a été analysé par l'un des experts du réseau, le numéro de la rubrique du bulletin Info Santé-Déchets où l'article a fait l'objet d'un commentaire ou d'une citation est indiqué (RUB : 2001-32-IMP-COM = année 2001, ISD numéro : 32, commentaire dans la rubrique IMPACTS).

Dans la base du RSD, une recherche de références a été effectuée à partir des mots clés suivants utilisés pour l'indexation des articles : poste de travail, risque professionnel, exposition professionnelle, surveillance médicale, cancer en excès, cancérogène, cancérogenèse, mutagène chimique, mutagenèse, anomalie congénitale, reproduction, effet sur la reproduction, effet sur la croissance, nouveau né, poids naissance, croissance foetale, prématurité, avortement, fertilité, sex ratio, développement, biomarqueur, biomarqueur effet.

#### 13.1.2 Etape 2 : Recherche complémentaire de références pertinentes dans les bases de données

Une recherche complémentaire de références a été conduite dans les bases de données de la National Library of Medicine (PubMed : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>), dans le catalogue des articles et monographies du Fonds de l'Institut de l'Information Scientifique et technique INIST-CNRS (Article INIST : <http://services.inist.fr>) ainsi que dans la base Pascal Biomed.

Cette recherche a été effectuée sur l'ensemble des périodes couvertes par les bases et au minimum sur la période 1987-2002 à partir de combinaisons des mots clés suivants en utilisant l'étoile\* à la fin des mots clés : health\*, impact\*, effect\*, cancer\*, oncogen\*, mutagen\*, birth\*, blood\*, congenital anomal\*, congenital abnormalit\*, congenital malformat\*, birth weight\*, preterm birth\*, adverse pregnancy\*, reproduct\*, mortality\*, morbidity\*, worker\*, workplace\*, occupational health\*, occupational exposure\*.

### **13.1.3 Etape 3 : Recherche complémentaire de références dans les bibliographies des articles précédemment identifiés**

La lecture des bibliographies des articles identifiés aux étapes précédentes a permis de compléter la liste de quelques nouvelles références.

## **13.2 Bibliographie**

- 1) ABATEMARCO DJ, DELNEVO CD, ROSEN M, WEIDNER BL, GOTSCH AR. Medical surveillance practices of blue collar and white collar hazardous waste workers. *J. occup. environ. Med.*, 1995, 37, 5, 578-582 (15 références) LO : 1020
- 2) ANGERER J., HEINZOW B., REIMANN D.O., KNORZ W., LEHNERT G. Internal exposure to organic substances in a municipal waste incinerator. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 1992, 64, 265-273 (38 références) LO : 001, RUB : 1993-00-IMP-COM
- 3) ANON. Medical guidelines for hazardous waste workers. *J. occup. Med.*, 1992, 34 (5), 496-497 (3 références) LO : 324
- 4) APOSTOLI P, BARTOLI D, ALESSIO L, BUCHET JP. Biological monitoring of occupational exposure to inorganic arsenic. *Occup. Environ. Med.*, 1999, 56 (12), 825-832
- 5) BIGGERI A, BARBONE F, LAGAZIO C, BOVENZI M, STANTA G. Air pollution and lung cancer in Trieste, Italy: spatial analysis of risk as a function of distance from sources. *Environ. Health Perspect.*, 1996, 104, (7), 750-754 (15 références) LO : 1280, RUB : 1998-21-PROC-COM
- 6) BOUDET C, ZMIROU D, LAFFOND M, BALDUCCI F, BENOIT-GUYOD J.L. Health risk assessment of a modern municipal waste incinerator. *Risk Anal.*, 1999, 19, 1215-1222 (40 références) LO : 2084, RUB : 2001-33-PROC-COM
- 7) BROWER R, GERRITSEN J, ZANKEL K, HUGGINS A, PETERS N, CAMPBELL S, NILSSON R. Risk assessment study of the Dickerson site. Prepared for power plant and environmental review division, Maryland department of natural resources. 1990, PPSHE-SH-4, 3 vols
- 8) BRUDZEWSKI J, SHUSTERMAN D, BECKER C, BORAK J, CANNELLA J, GOLDSTEIN B, HALL A, JACKSON RJ, RODNICK J, WHEATER R, WUMMER B. Polycyclic aromatic hydrocarbon toxicity. *Am. Fam. Physician*, 1993, 47, (3), 623-628 (12 références) LO : 235, RUB : 1995-08-PROD-CIT
- 9) BUKOWSKI JA, GOLDSTEIN MD, KORN LR, RUDAKEWYCK M, SHEPPERLY D, GATES D, MCLINDEN M. Chromium exposure assessment of outdoor workers in Hudson county, NJ. *Sci. total environ.*, 1992, 122, 3, 291-300 (16 références) LO : 180, RUB : 1993-02-PROD-CIT
- 10) CAMPOS-OUTCALT D. Trichloroethylene: environmental and occupational exposure. *Am. Fam. Physician*, 1992, 46, (2), 495-500 (22 références) LO : 234
- 11) CHEVRIER C, ROBERT-GNANSIA E, LORENTE C, CORDIER S. Risque de malformations congénitales autour des incinérateurs d'ordures ménagères. Communication au congrès de l'ADELF, Toulouse, 18-20 septembre 2002. *Rev. Epidém. et Santé Publ.*, 2002, 50, 1S62-1S63
- 12) CHOUDHARY G. Human health perspectives on environmental exposure to benzidine: a review. *Chemosphere*, 1996, 32, (2), 267-91 (80 références) LO : 1253, RUB : 1998-21-PROD-CIT
- 13) COSTELLO RJ, KING MV. Protecting workers who clean up hazardous waste sites. *Am. ind. Hyg. Assoc. J.*, 1982, 43 (1), 12-17
- 14) DIAZ-BARRIGA F, SANTOS MA, YANEZ L, CUELLAR JA, OSTROSKY-WEGMAN P, MONTERO R, PEREZ A, RUIZ E, GARCIA A, GOMEZ H. Biological monitoring of workers at a recently opened hazardous waste disposal site. *J. Expo. Anal. environ. Epidemiol.*, 1993, 3, (supp1), 63-71 (14 références) LO : 940, RUB : 1997-16-IMP-COM
- 15) DOLK H, VRIJHEID M, ARMSTRONG B, ABRAMSKY L, BIANCHI F, GARNE E, NELEN V, ROBERT E, SCOTT JE, STONE D, TENCONI R. Risk of congenital anomalies near hazardous-

- waste landfill sites in Europe: the EUROHAZCON study. *Lancet*, 1998, 352, 423-427 (28 références) LO : 1669, RUB : 1999-25-EDITO, 1999-26-IMP-COM
- 16) DOLK H. Commentary: impact on health needs assessing from different angles. *Br. med. J.*, 2000, 320, 23 (6 références) LO : 2060, RUB : 2001-33-PROC-COM
  - 17) DOMINGO JL, SCHUHMACHER M, AGRAMUNT MC, MULLER L, NEUGEBAUER F. Levels of metals and organic substances in blood and urine of workers at a new hazardous waste incinerator. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2001, 74 (4), 263-269 (46 références) LO : 2384, RUB : 2001-34-PROC-COM
  - 18) ELLIOTT P, BRIGGS D, MORRIS S, DE HOOGH C, HURT C, KOLD JENSEN T, MAITLAND I, RICHARDSON S, WAKEFIELD J, JARUP L. Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. *Br. med. J.*, 2001a, 323, 363-368 (33 références) LO : 2231, RUB : 2002-36-IMP-COM
  - 19) ELLIOTT P, EATON N, SHADDICK G, CARTER R. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Part 2: histopathological and case-note review of primary liver cancer cases. *Br. J. Cancer*, 2000, 82, (5), 1103-1106 (15 références) LO : 2055, RUB : 2001-33-IMP-COM
  - 20) ELLIOTT P, HILLS M, BERESFORD J, KLEINSCHMIDT I, JOLLEY D, PATTENDEN S, RODRIGUES L, WESTLAKE A, ROSE G. Incidence of cancers of larynx and lung near incinerators of waste solvents and oils in Great Britain. *Lancet*, 1992, 339, 854-858 (23 références) LO : 038, RUB : 1993-00-IMP-COM
  - 21) ELLIOTT P, MORRIS S, BRIGGS D, DE HOOGH C, HURT C, KOLD JENSEN T, MAITLAND I, LEWIN A, RICHARDSON S, WAKEFIELD J, JARUP L. Birth outcomes and selected cancers in populations living near landfill sites. Report to the department of Health August 2001b. (<http://www.doh.gov.uk/oldnews.htm>). (17 références) LO : 2367, RUB : 2003-38-IMP-COM
  - 22) ELLIOTT P, SHADDICK G, KLEINSCHMIDT I, JOLLEY D, WALLS P, BERESFORD J, GRUNDY C. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. *Br. J. Cancer*, 1996, 73, 702-710 (45 références) LO : 1158, RUB : 1997-17-IMP-COM
  - 23) FIELDER HMP, POON-KING CM, PALMER SR, MOSS N, COLEMAN G. Assessment of impact on health of residents living near the Nant-y-Gwyddon landfill site: retrospective analysis. *Br. med. J.*, 2000, 320, 19-22 (13 références) LO : 2060, RUB : 2001-33-PROC-COM
  - 24) FITZGERALD EF, BRIX KA, BUSH B, COOK KSE, HWANG SA. Exposure to PCBs from hazardous waste among mohawk women and infants at Akwesasne (ATSDR/HS-95/43). Gov. Rep. Announc. Index, 1995, Issue 11, 1-169 (134 références) LO : 1099, RUB : 1997-17-PROD-COM, 99-26-PROD-COM
  - 25) FREEMAN NCG, WAINMAN T, LIOY PJ, STERN AH, SHUPACK SI. The effect of remediation of chromium waste sites on chromium levels in urine of children living in the surrounding neighbourhood. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 1995, 45, (8), 604-614 (14 références) LO : 974
  - 26) GELBERG KH. Health study of New York City department of sanitation Landfill employees. *JOEM*, 1997, 39, 11, 1103-1110 (8 références) LO : 1714, RUB : 1999-27-IMP-COM
  - 27) GOCHFELD M, UDASIN I, FAVATA E, BUCKLER G, NATARELLI C, BURGER J. Temporal changes in blood lead levels of hazardous waste workers in New Jersey, 1984-1987. *Environ. Monit. Assess.*, 1993, 25, 99-107 (18 références) LO 486, RUB : 1995-11-PROD-COM
  - 28) GOCHFELD M. Medical surveillance of hazardous waste workers: principles and problems. *Occup. Med.*, 1990, 5 (1), 1-7 (15 références) LO : 2359
  - 29) GOLDBERG MS, AL-HOMSI N, GOULET L, RIBERDY H. Incidence of cancer among persons living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec. *Arch. environ. Health*, 1995a, 50, 416-424 (36 références) LO : 1073, RUB : 1997-17-IMP-COM et 1999-26-IMP-COM
  - 30) GOLDBERG MS, GOULET L, RIBERDY H, BONVALOT Y. Low birth weight and preterm births among infants born to women living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec. *Environ. Res.*, 1995b, 69, 37-50 (56 références) LO : 1076, RUB : 1997-17-IMP-COM



- 31) GOLDBERG MS, SIEMIATYCKI J, DEWAR R, DESY M, RIBERDY H. Risks of developing cancer relative to living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec, Canada. *Arch. environ. Health*, 1999, 54, (4), 291-296 (17 références) LO : 1936, RUB : 2000-31-IMP-COM
- 32) GONSEBATT ME, SALAZAR AM, MONTERO R, DIAZ-BARRIGA F, YANEZ L, GOMEZ H, OSTROSKY-WEGMAN P. Genotoxic monitoring of workers at a hazardous waste disposal site in Mexico. *Environ. Health Perspect. Suppl.*, 1995, 103, (1), 111-113 (20 références) LO : 807, RUB : 1996-14-IMP-COM
- 33) GREENACRE J, MORGAN M, TUCKER D. Health effects of landfill sites. Analyses require high quality data. *Br. med. J*, 2000, 3, 320 (7248), 1542 (3 références) LO : 2247, RUB : 2001-33-PROC-COM
- 34) GRIFFITH J, DUNCAN RC, RIGGAN WB, PELLOM AC. Cancer mortality in U.S. counties with hazardous waste sites and water ground pollution. *Arch. environ. Health*, 1989, 44, 69-74
- 35) GUSTAVSON P. Mortality among workers at a municipal waste incinerator. *Am. J. indust. Med.*, 1989, 15, 245-253 (28 références) LO : 2254
- 36) HARTMANN A, FENDER H, SPEIT G. Comparative biomonitoring study of workers at a waste disposal site using cytogenetic tests and the comet (single-cell gel) assay. *Environ. Mol. Mutagen.*, 1998, 32, 17-24 (25 références) LO : 1771, RUB : 2000-30-IMP-COM
- 37) HERTZMAN C, HAYES M, SINGER J, HIGHLAND J. Upper Ottawa street landfill site health study. *Environ. Health Perspect.*, 1987, 75, 173-195
- 38) HERY M, BEHARD G, GOUBIER R, MAHIEU JC, GERBER JM, DIEUDONNE M, PUIG H. Exposition professionnelle et prévention lors de la réhabilitation d'un site industriel pollué. *Cah. Notes doc.*, 1995, (158), 5-13 (10 références) LO : 1058
- 39) HOURS M. Etude des polluants atmosphériques émis dans deux centres de stockage des ordures ménagères. Réseau Santé Déchets, rapport final novembre 2000. Financement RE.CO.R.D., SITA, CREED, ADEME
- 40) HU SW, SHY CM. Health effects of waste incineration: a review of epidemiologic studies. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 2001, 51, (7), 1100-1109 (28 références) LO : 2285, RUB : 2002-37-BREV
- 41) IRVINE H, BURNS H. Risk of adverse birth outcomes near landfill sites. Evidence suggests that it is probably safe for fetuses to develop near landfill sites. *Br. med. J.*, 2001, 323, 1365 (4 références) LO : 2201, RUB : 2002-36-IMP-COM
- 42) JAKUBOWSKI M, TRZCINKA-OCHOCKA M, RAZNIEWSKA G, MATCZAK W. Biological monitoring of occupational exposure to arsenic by determining urinary content of inorganic arsenic and its methylated metabolites. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 1998, 71 Suppl, S29-32
- 43) JARUP L, BRIGGS D, DE HOOGH C, MORRIS S, HURT C, LEWIN A, MAITLAND I, RICHARDSON S, WAKEFIELD J, ELLIOTT P. Cancer risks in populations living near landfill sites in Great Britain. *Br. J. Cancer*, 2002, 86 (11), 1732-1736 (31 références) LO : 2281, RUB : 2002-37-IMP-COM et 2003-38-IMP-COM
- 44) JARUP L, PERSSON B, ELINDER CG. Blood cadmium as an indicator of dose in a long-term follow-up of workers previously exposed to cadmium. *Scand. J. Work environ. Health*, 1997, 23 (1), 31-36
- 45) JOHNSON BL, DE ROSA CT. Chemical mixtures released from hazardous waste sites: implications for health risk assessment. *Toxicology*, 1995, 105, 145-56 (24 références) LO : 1254
- 46) JOHNSON BL. A review of the effects of hazardous waste on reproductive health. *Am. J. Obstetrics Gynecol.*, 1999, 181, (1), S12-S16, (20 références) LO : 1965, RUB : 2000-31-IMP-COM
- 47) KIRIVANTA H, TUOMAINEN A, REIMAN M, LAITINEN S, NEVALAINEN A, LIESIVUORI J. Exposure to airborne microorganisms and volatile organic compounds in different types of waste handling. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 1999, 5, 39-44 (24 références) LO : 2081, RUB : 2001-34-PROD-CIT
- 48) KITAMURA K, KIKUCHI Y, WATANABE S, WAECHTER G, SAKURAI H, TAKADA T. Health effects of chronic exposure to polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF)

- and coplanar PCB (co-PCB) of municipal waste incinerator workers. *J. Epidemiol.*, 2000, 10, 262-270 (22 références) LO : 2082, RUB : 2001-33-PROC-COM
- 49) KITAMURA K, YOSHIKAWA K, IWAWA M, NAGAO M. Justification of measurement of eight congeners levels instead of twenty congeners of dioxins for mass screening of human exposure. *J. toxicol. Sci.*, 2001, 26 (3), 163-168 (12 références) LO : 2275, RUB : 2002-37-PROC-COM
- 50) KNOX EG. Childhood cancers, birthplaces, incinerators and landfill sites. *Int. J. Epidemiol.*, 2000, 29, 391-397 (7 références) LO : 2071, RUB : 2001-34-IMP-COM
- 51) KOCAN A, BENCKO V, SIXL W. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in the hair of people living on municipal refuse dumping sites in Cairo (Egypt). *Toxicol. environ. Chem.*, 1992, 36, 33-37 (23 références) LO : 465, RUB : 1994-06-IMP-CIT
- 52) KUMAGAI S, KODA S, MIYAKITA T, UENO M. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in serum samples of workers at intermittently burning municipal waste incinerators in Japan. *Occup. environ. Med.*, 2002, 59 (6), 362-368 (30 références) LO : 2286, RUB : 2002-37-PROC-COM
- 53) KUMAGAI S, KODA S, MIYAKITA T, YAMAGUCHI H, KATAGI K, YASUDA N. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in the serum samples of workers at continuously burning municipal incinerators in Japan. *Occup. environ. Med.*, 2000, 57, 204-210 (35 références) LO : 2044, RUB : 2001-32-PROD-COM
- 54) LAKHANISKY T, BAZZONI D, JADOT P, JORIS I, LAURENT C, OTTOGALI M, PAYS A, PLANARD C, ROS Y, VLEMINCKX C. Cytogenetic monitoring of a village population potentially exposed to a low level of environmental pollutants. Phase 1: SCE analysis. *Mutat. Res.*, 1993, 319, 317-323 (19 références) LO : 626, RUB : 1995-08-IMP-CIT
- 55) LANGE JH, THOMULKA KW. Disposal of hazardous waste: cost and liability issues. *Fresenius environ. Bull.*, 1995, 4, 303-308 (12 références) LO : 1204
- 56) LAURENT C, LAKHANISKY T, JADOT P, JORIS I, OTTOGALI M, PLANARD C, BAZZONI D, FOIDART JM, ROS Y. Increased sister chromatid exchange frequencies observed in a cohort of inhabitants of a village located at the boundary of an industrial dumping ground: phase 1. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 1993, 2, 355-362 (32 références) LO : 374, RUB : 1994-05-IMP-COM
- 57) LAVOIE J, GUERTIN S. Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 2001, 51, 352-360 (31 références) LO : 2135, RUB : 2002-35-IMP-COM
- 58) LEVINE SP, TURPIN RD, GOCHFELD M. Protecting personnel at hazardous waste sites: current issues. *Appl. occup. environ. Hyg.*, 1991, 6, (12), 1007-1014 (44 références) LO : 110, RUB : 1993-02-IMP-COM
- 59) LEWIS-MICHL EL, KALLENBACH LR, GEARY NS, MELIUS JM, JU CL, ORR MF, FORAND SP. Investigation of cancer incidence and residence near 38 landfills with soil gas migration conditions, New-York state, 1980-1989. Report for grant #H75/ATH298290-01 to the Department of health and human sciences, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1989, Atlanta, Georgia.
- 60) LIOY PJ. Measurement methods for human exposure analysis. *Environ. Health Perspect. Suppl.*, 1995, 103, (3), 35-43 (43 références) LO : 910, RUB : 1997-17-IMP-CIT
- 61) LUOTAMO M, PATTERSON DG, NEEDHAM LL, AITIO A. Concentrations of PCB congeners in sera from workers with past and present exposure. *Chemosphere*, 1993, 27, (1-3), 171-177 (9 références) LO : 389
- 62) LUSKIN J, SOMERS C, WOODING J, LEVENSTEIN C. Teaching health and safety: problems and possibilities for learner-centered training. *Am. J. ind. Med.*, 1992, 22, 665-676 (6 références) LO : 321
- 63) MA HW, LAI YL, CHAN CC. Transfer of dioxin risk between nine major municipal waste incinerators in Taiwan. *Environ. Int.*, 2002, 28 (1-2), 103-110 (20 références) LO : 2274, RUB : 2002-37-PROD-COM

- 64) MA XF, BABISH JG, SCARLETT JM, GUTENMANN WH, LISK DJ. Mutagens in urine sampled repetitively from municipal refuse incinerator workers and water treatment workers. *J. Toxicol. environ. Health*, 1992, 37, 483-494 (19 références) LO : 120, RUB : 1993-02-IMP-COM
- 65) MALKIN R., BRANDT-RAUF P., GRAZIANO J., PARIDES M. Blood lead levels in incinerator workers. *Environ. Res.*, 1992, 59, 265-270 (10 références) LO : 066, RUB : 1993-01-PROC-CIT
- 66) MALLIN K. Investigation of a bladder cancer cluster in northwestern Illinois. *Am. J. Epidemiol.*, 1990, 132 (suppl.), S96-S106
- 67) MCCARRON P, HARVEY I, BROGAN R, PETERS TJ. Self reported health of people in an area contaminated by chromium waste: interview study. *Br med. J.*, 2000, 320 (7226), 11-15 (23 références) LO : 2057, RUB : 2001-34-IMP-COM
- 68) MCDIARMID MA, FREEMAN CS, GROSSMAN EA, MARTONIK J. Biological monitoring results for cadmium exposed workers. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1996, 57 (11), 1019-1023
- 69) MCQUISTON TH, COLEMAN P, WALLERSTEIN NB, MARCUS AC, MORAWETZ JS, ORTLIEB DW. Hazardous waste worker education: long-term effects. *J. occup. Med.*, 1994, 36, 12, 1310-1323 (27 références) LO : 907
- 70) MELIUS JM. Medical surveillance for hazardous waste workers. *J. occup Med.*, 1986, 28 (8), 679-683 (17 références)
- 71) MELIUS JM. OSHA standard for medical surveillance of hazardous waste workers. *Occup Med.*, 1990, 5 (1), 143-150 (2 références) LO : 2350
- 72) MICHELOZZI P, FUSCO D, FORASTIERE F, ANCONA C, DELL'ORCO V, PERUCCI CA. Small area study of mortality among people living near multiple sources of air pollution. *Occup. Environ. Med.*, 1998, 55, 611-615 (24 références), LO : 2287, RUB : 2003-41-IMP-COM
- 73) MOZZON D, BROWN DA, SMITH JW. Occupational exposure to airborne dust, respirable dust and metals arising from refuse handling, burning and landfilling. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1987, 48 (2), 111-116 (11 références)
- 74) MUKERJEE D. Health impact of polychlorinated dibenzo-p-dioxins: A critical review. Role of metallic species in the chemistry of pollutant formation and conversion. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 1998, 48 (2), 157-165 (126 références) LO : 1719, RUB : 1999-28-PROD-CIT
- 75) NOUWEN J, CORNELIS C, DE FRE R, WEVER M, VIAENE P, MENSINK C, PATYN J, VERSCHAEVE L, HOOGHE R, MAES A, COLLIER M, SCHOETERS G, VAN CLEUVENBERGEN R, GEUZENS P. Health risk assessment of dioxin emissions from municipal waste incinerators: the Neerlandquarter (Wilrijk, Belgium). *Chemosphere*, 2001, 43, 909-923 (38 références) LO : 2123, RUB : 2001-34-PROC-COM
- 76) NRC (National Research Council). Waste incineration and public health. 2000. ISBN 0-309-06371-X, Washington, DC. National Academy Press
- 77) OSTERMAN-GOLKAR SM, MACNEELA JP, TURNER MJ, WALKER VE, SWENBERG JA, SUMNER SJ, YOUTSEY N, FENNELL TR. Monitoring exposure to acrylonitrile using adducts with N-terminal valine in haemoglobin. *Carcinogenesis*, 1994, 15, (12), 2701-2707 (33 références) LO : 847
- 78) PÄPKE O, BALL M, LIS A. Potential occupational exposure of municipal waste incinerator workers with PCDD/PCDF. *Chemosphere*, 1993, 27, (1-3), 203-209 (5 références) LO : 392, RUB : 1994-06-PROD-CIT
- 79) PEDERSEN BA, HIGGINS GM. Evaluation of chemical exposures in the hazardous waste industry. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 1995, 45, (2), 89-94 (6 références) LO : 822, RUB : 1996-14-IMP-COM
- 80) RAHKONEN P, MALMEN Y, ETTALA M. Work safety in collection and transport of hazardous wastes. *Waste Manage. Res.*, 1992, 10, 217-226 (13 références) LO : 274
- 81) RAPITI E, SPERATI A, FANO V, DELL'ORCO V, FORASTIERE F. Mortality among workers at municipal waste incinerators in Rome: a retrospective cohort study. *Am. J. ind. Med.*, 1997, 31, 659-661 (20 références) LO : 1497, RUB : 1998-22-IMP-COM

- 82) REIF JS, TSONGAS TA, MITCHELL J, KEEFE TJ, TESSARI JD, METZGER L, AMLER R. Risk factors for exposure to arsenic at a hazardous waste site. *J. Expo. Anal. environ. Epidemiol.*, 1993, 3, (1), 73-86 (30 références) LO : 261
- 83) REINHART DR. A review of recent studies on the sources of hazardous compounds emitted from solid waste landfills: a U.S. experience. *Waste Manage. Res.*, 1993, 11, 257-268 (38 références) LO : 331, RUB : 1995-11-PROC-COM
- 84) ROBERTS D, REDFEARN A, DOCKERTY J. Health effects of landfill sites: whether results are assertions or evidence is unclear. *Br. med. J.*, 2000, 320, (7248), 1541-1542 (3 références) LO : 2074, RUB : 2001-33-PROC-COM
- 85) ROMINE JD, BARTH EF. Preliminary assessment of worker and ambient air exposures during soil remediation technology demonstration. *Am. ind. Hyg. Assoc. J.*, 2002, 63 (1), 76-80
- 86) RUOKOJÄRVI P, ETTALA M, RAHKONEN P, TARHANEN J, RUUSKANEN J. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and -furans (PCDDs and PCDFs) in municipal waste landfill fires. *Chemosphere*, 1995, 30, (9), 1697-1708 (16 références) LO : 930, RUB : 1996-15-PROC-COM
- 87) SCHUHMACHER M, DOMINGO JL, AGRAMUNT MC, BOCIO A, MULLER L. Biological monitoring of metals and organic substances in hazardous-waste incineration workers. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 2002, 75 (7), 500-506, LO : 2365, RUB : 2003-40-PROC-COM
- 88) SCHUHMACHER M, MENESES M, XIFRO A, DOMINGO JL. The use of Monte-Carlo simulation techniques for risk assessment: study of a municipal waste incinerator. *Chemosphere*, 2001, 43 - 4-7), 787-789 (22 references) LO : 2256, RUB : 2002-37-IMP-COM
- 89) SCHULTE PA. Opportunities for the development and use of biomarkers. *Toxicol. Lett.*, 77, (1-3), 25-29 (28 références) LO : 978
- 90) SFSP (Société Française de Santé Publique). L'incinération des déchets et la santé publique : bilan des connaissances récentes et évaluation du risque, collection santé et société n°7, 1999, 368p
- 91) STERN AH, FREEMAN NCG, PLEBAN P, BOESCH RR, WAINMAN T, HOWELL T, SHUPACK SI, JOHNSON BB, LIOY PJ. Residential exposure to chromium waste - urine biological monitoring in conjunction with environmental exposure monitoring. *Environ. Res.*, 1992, 58, 147-162 (32 références), LO : 199, RUB : 1993-02-IMP-CIT
- 92) STOKLOV M., COLLOT D., MAITRE A. Evaluation de risque toxique chez des salariés travaillant dans un incinérateur d'ordures ménagères. Rapport intermédiaire. ADEME 1996
- 93) TARKOWSKI S, ROLECKI R. Hazardous wastes and public health. Potential health effects of exposure at levels encountered around the landfills. *Eur. Epimarker*, 2001, 5, (2), 1-7 disponibles auprès des auteurs, LO : 2094, RUB : 2002-36-BREV
- 94) US-EPA (US-Environmental Protection Agency). Risk assessment for the Waste technologies Industries (WTI) Hazardous waste incineration facility (East Liverpool, Ohio). 1997, EPA/905-R97-002, 002a-002h
- 95) VIEL JF, ARVEUX P, BAVEREL J, CAHN JY. Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *Am. J. Epidemiol.*, 2000, 152, 13-19 (20 références) LO : 2003, RUB : 2000-31-EDITO
- 96) VRIJHEID M. Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. *Environ. Health Perspect.*, 2000, 108 (suppl 1), 101-112 (76 références) LO : 2251, RUB : 2003-38-IMP-COM
- 97) VRIJHEID M, DOLK H, ARMSTRONG B, ABRAMSKY L, BIANCHI F, FAZARINC I, GARNE E, IDE R, NELEN V, ROBERT E, SCOTT JE, STONE D, TENCONI R. Chromosomal congenital anomalies and residence near hazardous waste landfill sites. *Lancet*, 2002, 359 (9303), 320-322 (5 références) LO : 2203, RUB : 2002-36-IMP-COM
- 98) WILD SR, JONES KC. The significance of polynuclear aromatic hydrocarbons applied to agricultural soils in sewage sludges in the U.K. *Waste Manage. Res.*, 1994, 12, 49-59 (38 références) LO : 469, RUB : 1994-06-PROC-CIT
- 99) WILKINS K. Volatile organic compounds from household waste. *Chemosphere*, 1994, 29, (1), 47-53 (21 références) LO : 870, RUB : 1996-14-PROC-COM

- 100) WILLIAMS A, JALALUDIN B. Cancer incidence and mortality around a hazardous waste depot. *Aust. N. Z. J. Public Health*, 1998, 22, 3, 342-346 (20 références) LO : 1736, RUB : 99-26-IMP-CIT
- 101) WILLIAMS FLR, LAWSON AB, LLOYD OL. Low sex ratios of births in areas at risk from air pollution from incinerators, as shown by geographical analysis and 3-dimensional mapping. *Int. J. Epidemiol.*, 1992, 21 (2), 311-319 (38 références) LO 198, RUB : 1993-02-IMP-CIT
- 102) WRBITZKY R., GOEN T., LETZEL S., FRANK F., ANGERER J. Internal exposure of waste incineration workers to organic and inorganic substances. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 1995, 68, 13-21 (20 références) LO : 1086, RUB : 1998-22-PROC-COM
- 103) YOSHIDA K, IKEDA S, NAKANISHI J. Assessment of human risk of dioxins in Japan. *Chemosphere*, 2000, 40, 177-185 (48 références) LO : 2037, RUB : 2001-32-IMP-COM
- 104) ZIRSCHKY J, GENTRY B, MARCUS P. Superfund and contamination of workers' homes. *Am. ind. Hyg. Assoc. J.*, 1987, 48 (11), A718, A720, A722-724

# 14 - Annexe IV – Les autres classifications des substances CMR

## 14.1 Les autres classifications des substances cancérogènes

### 14.1.1 Les classifications de l'US-EPA

Les classifications EPA-A à EPA-E des substances cancérogènes établies par l'US-EPA sont rassemblées dans les recommandations éditées pour la première fois en 1986 par l'organisme américain. Les révisions datant de 1996 puis 1999 ont proposé des modifications et abouti à de nouvelles catégories qui sont présentées ci-dessous.

#### 14.1.1.1 1986 Risk Assessment Guidelines :

**EPA-A** : cancérogène chez l'homme (existence de preuves suffisantes provenant d'études épidémiologiques pour établir une relation causale entre l'exposition et le cancer)

**EPA-B** : cancérogène probable chez l'homme : preuves limitées dans les études épidémiologiques humaines ; preuves suffisantes chez l'animal

-B1 : preuves limitées chez l'homme,

-B2 : preuves suffisantes chez l'animal ; preuves inadéquates ou inexistantes chez l'homme

**EPA-C** : cancérogène possible chez l'homme (preuves limitées chez l'animal en l'absence de données humaines)

**EPA-D** : inclassable comme cancérogène chez l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme et chez l'animal ou absence de données).

**EPA-E** : preuves de non cancérogénicité chez l'homme ; pas de preuve de cancérogénicité dans au moins deux tests adaptés chez l'animal de différentes espèces ou dans des études adaptées épidémiologique et animale.

#### 14.1.1.2 1996 Draft Guidelines :

**EPA-K** : cancérogènes reconnus chez l'homme ou agents pouvant être considérés comme des cancérogènes reconnus chez l'homme

**EPA-L** : produit vraisemblablement des cancers chez l'homme

**EPA-CBD** : impossible à déterminer

**EPA-NL** : ne produit vraisemblablement pas des cancers chez l'homme.

#### **14.1.1.3 1999 revised Draft Guidelines :**

**EPA-CaH** : cancérogène chez l'homme ou agents pouvant être considérés comme des cancérogènes reconnus chez l'homme

**EPA-L** : vraisemblablement cancérogène chez l'homme

**EPA-S** : preuves évocatrices de cancérogénicité mais insuffisantes pour établir le potentiel cancérogène chez l'homme

**EPA-I** : données insuffisantes pour établir le potentiel cancérogène chez l'homme

**EPA-NL** : vraisemblablement pas cancérogène chez l'homme

#### **14.1.2 La classification du NIOSH**

Le NIOSH ne propose qu'une seule catégorie pour les substances cancérogènes sans plus de détail.

**NIOSH-Ca** : cancérogène professionnel potentiel (sans autre catégorie)

#### **14.1.3 La classification du NTP**

Le National Toxicology Program a pris la suite depuis 1976 du National Cancer Institute Bioassay Program pour établir le résumé des études de longue durée portant sur les effets toxiques y compris cancérogènes d'une sélection de substances vis-à-vis d'animaux de laboratoires (rats et souris le plus habituellement). Cinq catégories sont présentées dans les rapports techniques du NTP selon le niveau de preuve indiqué par les études :

- preuve nette (clear evidence) d'un effet cancérogène de la substance sur l'animal dans les conditions de l'expérimentation indiquant un effet potentiel pour l'homme.
- preuve limitée (some evidence),
- preuve incertaine (equivocal evidence),
- absence de preuve (no evidence)
- étude douteuse (inadequate study).

Nous avons retenu dans la base CMR - RSD, les deux catégories suivantes indiquées par le Guide to Occupational Exposure Values 2003 de l'ACGIH.

**NTP-K** : connu pour être un cancérigène humain

**NTP-R** : raisonnablement considéré pour être un cancérigène humain (RAHC)

#### **14.1.4 La classification de l'OSHA**

L'OSHA ne propose qu'une seule catégorie pour les substances cancérigènes sans plus de détail.

**OSHA-Ca** : cancérigène défini sans autre catégorisation

Aux USA, l'Occupational Safety & Health Administration (OSHA) du département américain du travail (U.S. Department of Labor) publie des valeurs limites réglementaires pour le milieu de travail (Permissible Exposure Limits ou PELs).

Ces valeurs figurent dans un recueil de normes réglementaires (OSHA Regulations, Standards – 29 CFR) dans la partie relative aux règles en matière de sécurité et santé sur le lieu de travail (Occupational Safety and Health Standards – 1910) applicables aux substances dangereuses (Toxic and Hazardous Substances – Z) et particulièrement aux contaminants de l'atmosphère (Air contaminants – 1910.1000).

Sans fixer de valeur limite professionnelle pour ces substances, l'OSHA a promulgué en 1974 des standards afin de contrôler l'usage industriel de 13 substances identifiées comme des cancérigènes potentiels (tableau 16).

Portant sur un petit échantillon des substances classées comme cancérigènes professionnels potentiels par l'OSHA, la comparaison des classements effectués par l'UE et le CIRC est intéressante. Lorsque les substances sont classées par les deux organismes, il existe peu de différence entre les deux classements.



**Tableau 17 : Classement comparatif des 13 substances classées cancérogènes par l'OSHA**

<b>Substances</b>	<b>Numéro CAS</b>	<b>Classement UE</b>	<b>Classement CIRC</b>
2-acetylaminofluorene	53-96-3	non classée	non classée
4-aminodiphenyl	92-67-1	Catégorie 1	Groupe 1
benzidine	92-87-5	Catégorie 1	Groupe 1
bis-chloromethyl ether	542-88-1	Catégorie 1	Groupe
3,3'-dichlorobenzidine	91-94-1	Catégorie 2	Groupe 2B
4-dimethylaminoazobenzene	60-11-7	non classée	Groupe 2B
ethyleneimine	151-56-4	Catégorie 2	Groupe 2B
methyl chloromethyl ether	107-30-2	Catégorie 1	Groupe 1
alpha-naphthylamine	134-32-7	non classée	Groupe 3
beta-naphthylamine	91-59-8	Catégorie 1	Groupe 1
4-nitrobiphenyl	92-93-3	Catégorie 2	Groupe 3
N-nitrosodimethylamine	62-75-9	Catégorie 2	Groupe 2A
beta-propiolactone	57-57-8	Catégorie 2	Groupe 2B

#### **14.1.5 La classification de l'ACGIH**

L'ACGIH propose une classification des substances en 5 catégories qui ressemble à celle adoptée par le CIRC. Il serait intéressant d'effectuer une comparaison du classement des différentes substances présentes dans la base CMR - RSD vis-à-vis de cette classification.

**TLV-A1** : cancérogène humain confirmé

**TLV-A2** : cancérogène humain suspecté

**TLV-A3** : cancérogène animal confirmé sans preuve chez l'homme

**TLV-A4** : non classable comme cancérogène humain

**TLV-A5** : non suspecté d'être cancérogène chez l'homme

Selon l'ACGIH, l'exposition des travailleurs aux substances cancérogènes doit être maintenu au niveau le plus bas. Les travailleurs exposés aux substances du groupe A1 qui ne possèdent pas de TLV doivent être équipé de manière à supprimer le plus possible toute exposition aux cancérogènes. Pour les substances du groupe A1 qui possèdent une TLV et pour les substances des groupes A2 et A3, l'exposition des travailleurs par toutes les voies devrait être contrôlée à des niveaux les plus bas possible par rapport à la TLV.

#### **14.1.6 La classification du COSHH**

La classification adoptée par l'organisme de réglementation anglais en accord avec les réglementations du Chemicals Hazard Information and Packaging (CHIP) comporte les trois catégories suivantes :

Catégorie 1 : substances connues comme des cancérogènes pour l'homme

Catégorie 2 : substances pouvant être considérées comme des cancérogènes pour l'homme. Il existe des preuves suffisantes pour établir une forte présomption que l'exposition humaine peut provoquer le cancer

Catégorie 3 : substances préoccupantes quant à leur possible effet cancérogène pour l'homme mais les preuves sont insuffisantes pour mener une évaluation satisfaisante

#### **14.1.7 La classification de la commission MAK**

La commission allemande adopte également une classification en 5 catégories un peu différentes de celle du CIRC. Il serait intéressant d'effectuer une comparaison du classement des différentes substances présentes dans la base CMR - RSD vis-à-vis de cette classification.

MAK-1 : substances qui provoquent le cancer chez l'homme et contribuent significativement au risque de cancer

MAK-2 : substances considérées comme cancérogènes chez l'homme en raison de preuves suffisantes provenant d'études animales de longue durée ou de preuves limitées provenant d'études animales établies par des preuves provenant d'études épidémiologiques indiquant qu'elles pourraient contribuer significativement au risque de cancer

MAK-3 : substances qui inquiètent quant à leur potentiel cancérogène mais ne peuvent être classées positivement en raison du manque de données (le classement en catégorie 3 est provisoire)

MAK-3A : substances pour lesquelles les critères de classement en catégorie 4 ou 5 sont remplis mais pour lesquelles les données sont insuffisantes pour établir une valeur MAK

MAK-3B : substances pour lesquelles des tests in vitro ou des études animales apportent des preuves d'effets cancérigènes mais sont insuffisantes pour le classement dans une autre catégorie. Une valeur MAK ou BAT peut être établie si aucun effet génotoxique n'a été décelé.

MAK-4 : substances avec potentiel cancérigène chez lesquelles la génotoxicité joue un rôle mineur. Aucune contribution au risque de cancer chez l'homme n'est attendue.

MAK-5 : substances ayant des effets cancérigènes et génotoxiques considérés de faible niveau si les valeurs MAK et BAT sont observées.

## **14.2 Les autres classifications des substances mutagènes**

### **14.2.1 La classification de la commission MAK**

1- : mutagènes cellulaires qui augmentent la fréquence des mutations dans la descendance des personnes exposées

2- : mutagènes cellulaires qui augmentent la fréquence des mutations dans la descendance des mammifères exposés

3A- : substances qui induisent des dommages génétiques dans les cellules humaines ou animales

3B- : substances suspectées d'être des mutagènes cellulaires du fait de leurs effets génotoxiques sur des cellules de mammifères in vivo

4- : pas applicable (un mutagène par définition est génotoxique)

5- : mutagènes cellulaires dont le potentiel est si faible que leur contribution au risque génétique chez l'homme ne devrait pas être significatif si la valeur MAK est respectée.

## **14.3 Les autres classifications des substances toxiques pour la reproduction**

### **14.3.1 La classification du COSHH**

L'organisme anglais de réglementation adopte une classification en trois catégories pour les substances dites tératogènes ou embryotoxiques.

Catégorie 1 : substances connues pour provoquer des effets sur le développement chez l'homme

Catégorie 2 : substances pouvant être considérées comme pouvant provoquer des effets sur le développement chez l'homme. Il existe des preuves suffisantes pour établir une forte présomption que l'exposition humaine peut provoquer des effets sur le développement

Catégorie 3 : substances préoccupantes quant à leur possible effet sur le développement chez l'homme mais les preuves sont insuffisantes pour classer la substance en catégorie 2.

#### **14.3.2 La classification de la commission MAK**

Groupe A : risque d'altération de l'embryon ou du fœtus démontré

Groupe B : risque probable d'altération de l'embryon ou du fœtus

Groupe C : pas de crainte d'une altération de l'embryon ou du fœtus lorsque les valeurs MAK ou BAT sont respectées

Groupe D : classement dans l'un ou l'autre des groupes A-C impossible



## **15 - Annexe V – Outils pour la surveillance de l'exposition des travailleurs aux substances CMR**

Nous avons regroupé dans cette annexe les données générales relatives à deux outils utilisables dans le cadre de la surveillance de l'exposition des travailleurs, les valeurs limites applicables aux concentrations des substances dans l'air des locaux de travail d'une part, les dosages biologiques (ou indicateurs biologiques d'exposition) applicables aux travailleurs d'autre part.

Nous avons également placé dans cette annexe un autre outil, les valeurs toxicologiques de référence qui sont des indices toxicologiques établissant le niveau de la relation dose-réponse pour une substance donnée, que les évaluateurs utilisent dans le cadre des études d'évaluation quantitative de risque sanitaire.

### **15.1 Les valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP)**

#### **15.1.1 Les valeurs limites d'exposition professionnelle en France**

Certaines activités professionnelles exposent le travailleur à des substances en suspension dans l'atmosphère (gaz, vapeurs, aérosols...), qui peuvent être dommageables pour sa santé.

Une exposition nulle à un polluant est pratiquement impossible à mettre en œuvre, en dehors de l'interdiction d'emploi du produit à l'origine de la pollution. Pour prévenir la survenue de pathologies d'origine professionnelle dues à l'exposition à ce polluant, il faut réduire le plus possible cette exposition et fixer une limite à celle-ci.

On définit donc des niveaux de concentration dans l'atmosphère à ne pas dépasser. Ce sont les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP). Elles sont fixées par le ministère chargé du travail ; quelques valeurs sont aussi recommandées par la Caisse nationale de l'assurance maladie (CNAM).

Une valeur limite représente la concentration dans l'air d'un composé chimique que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération de sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées. Aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongée n'est raisonnablement prévisible à ce niveau d'exposition. La valeur est exprimée généralement en volume (ppm ou partie par million) ou en poids ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Pour quelques 400 produits chimiques, elles sont indicatives et doivent être considérées comme des objectifs minimaux.

Pour quelques autres, elles sont contraignantes : poussières, amiante, benzène, chlorure de vinyle, plomb, quartz, etc.

Les valeurs limites ne sont pas définitives. Elles sont révisées périodiquement en fonction de l'état des connaissances.

Les valeurs limites sont établies en partie à partir de l'exploitation d'informations relatives aux propriétés toxiques des substances. Ces informations sont tirées de l'expérience industrielle (observations isolées, enquêtes épidémiologiques) et d'études sur des animaux de laboratoire.

Les valeurs retenues visent à protéger des effets irritants, toxiques... immédiats ou à long terme ; cependant les travailleurs ne sont pas à l'abri d'autres effets comme les phénomènes d'allergie.

On parlera d'effet toxique instantané quand l'effet se manifeste après ou pendant une exposition très brève (quelques secondes à 1 ou 2 minutes) par des effets aigus fonctionnels et/ou lésionnels pouvant entraîner notamment une perte de connaissance, un coma ou un arrêt cardio-respiratoire. L'acide cyanhydrique, l'hydrogène sulfuré, l'hydrogène arsénié et l'hydrogène phosphoré présentent ces caractéristiques d'intoxication foudroyante.

Un effet toxique immédiat se manifeste après une exposition de courte durée par une irritation aiguë des muqueuses respiratoires ou de la peau, par une narcose engendrant une inaptitude fonctionnelle, par une atteinte cellulaire irréversible...

Un effet toxique à long terme se manifeste après des expositions prolongées, répétées pendant des semaines, voire des années par la survenue de cancers, d'effets toxiques sur la fonction de reproduction, d'atteintes du système nerveux, de réactions d'hypersensibilité retardée...

Il existe en France deux types de valeurs :

- valeurs limites d'exposition à court terme (VLE) : ce sont des valeurs plafonds mesurées sur une durée maximale de 15 minutes. Leur respect prévient les risques d'effets toxiques immédiats ou à court terme.

- valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) : mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures, elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à long terme. La VME peut être dépassée sur de courtes périodes, à condition de ne pas dépasser la VLE, lorsqu'elle existe.

Le respect des valeurs limites n'implique pas l'absence de risque. En effet :

- les méthodes utilisées pour les établir diffèrent d'un pays à l'autre ;
- ces valeurs ne sont valables que pour un produit unique et pur ;
- les critères de détermination diffèrent d'une substance à l'autre ;
- les conditions d'exposition jouent un rôle primordial ;
- les différentes voies de pénétration du toxique dans l'organisme conditionnent bien souvent sa toxicité.

Il faut se garder de juger de la toxicité d'un produit en se fondant sur la seule valeur limite fournie, car deux produits différents possédant la même valeur limite n'ont pas forcément la même toxicité générale.

La liste des valeurs limites applicables en France est parue dans les "Cahiers de notes documentaires" de l'INRS sous la référence ND 2098-174-99.

### **15.1.2 Les valeurs limites d'exposition professionnelle aux USA**

Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) publie des valeurs limites d'exposition recommandées (Recommended Exposure Limits ou RELs) pour les substances dangereuses ou les conditions de travail. Les recommandations du NIOSH sont transmises à l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) et à la Mine Safety and Health Administration (MSHA) dans le but de promulguer des normes réglementaires.

L'OSHA du département américain du travail (U.S. Department of Labor) publie des valeurs limites réglementaires pour le milieu de travail (Permissible Exposure Limits ou PELs).

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) indique des niveaux d'exposition en milieu de travail auxquels un travailleur peut être exposé sans risque d'atteinte à sa santé et propose à l'intention des hygiénistes industriels des valeurs limites d'exposition (TLVs) et des indicateurs biologiques d'exposition (BEIs). Les valeurs proposées par l'ACGIH ne sont pas conçues comme des normes réglementaires.

#### **15.1.2.1 Les valeurs limites d'exposition du NIOSH**

Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) développe et révisé périodiquement des valeurs limites d'exposition recommandées (Recommended Exposure Limits ou RELs) pour les substances dangereuses ou les conditions de travail. Le NIOSH recommande également les mesures de prévention adaptées pour réduire ou supprimer les effets sur la santé ou la sécurité liés à ces



dangers. Pour faire ces recommandations, le NIOSH évalue les informations connues et disponibles de nature médicale, biologique, technologique, chimique, commerciale et d'autres informations pertinentes vis-à-vis du danger considéré. Les recommandations du NIOSH sont publiées et transmises à l'OSHA et à la Mine Safety and Health Administration (MSHA) dans le but de promulguer des normes réglementaires.

Le guide de poche du NIOSH pour les dangers chimiques (NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards) contient sous forme de tables des informations abrégées pour 677 composés chimiques retrouvés dans l'environnement de travail.

Le site du NIOSH Pocket Guide on line<sup>12</sup> permet d'obtenir les valeurs limites d'exposition établies par le NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) ou l'OSHA (Occupational Safety and Health Administration), ainsi que d'autres utiles aux préventeurs (valeurs IDLH, ou seuil de risque immédiat).

Les substances considérées comprennent toutes les substances pour lesquelles le NIOSH a recommandé des valeurs limites d'exposition (Recommended Exposure Limits ou RELs) et celles qui disposent de valeurs limites d'exposition (Permissible Exposure Limits ou PELs) dans le recueil des normes réglementaires de l'OSHA (General Industry Air Contaminants Standard 29 CFR 1910.1000).

Le nom retenu pour les substances est celui figurant dans le General Industry Air Contaminants Standard de l'OSHA (29 CFR 1910.1000).

Le numéro CAS (Chemical Abstract Service) au format xxx-xx-x, qui est unique pour chaque composé chimique est indiqué suivi du numéro RTECS (NIOSH Registry of Toxic Effects of Chemical Substances) au format ABxxxxxxx, qui permet la recherche d'informations toxicologiques complémentaires vis-à-vis d'une substance spécifique.

Des synonymes communs et des noms commerciaux sont indiqués pour chaque composé. Des facteurs de conversion de ppm en mg/m<sup>3</sup> à 25° C et une atmosphère sont donnés pour les substances ayant une valeur limite d'exposition exprimée en ppm.

Les valeurs limites recommandées (RELs) par le NIOSH sont indiquées en premier. Sauf spécifications particulières, les RELs sont des valeurs limites d'exposition moyenne sur une période de travail allant jusqu'à 10 heures au cours d'une semaine de 40 heures. Une valeur limite d'exposition court terme (Short Term Exposure Limit ou STEL) est indiquée par "ST" devant la valeur. Sauf spécification contraire, une valeur STEL est une valeur moyenne établie sur 15 minutes qui ne doit pas être dépassée à aucun moment au cours de la journée de travail. Une valeur limite d'exposition plafond (ceiling REL) est indiquée par un "C" devant la valeur. Sauf spécification contraire, une valeur plafond ne doit être dépassée à aucun moment.

---

<sup>12</sup> <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html>

Toute substance que le NIOSH considère comme potentiellement cancérigène en milieu de travail, est indiqué par la notation "Ca".

Outre les différentes valeurs limites professionnelles, le NIOSH définit des concentrations immédiatement dangereuses pour la vie ou la santé (Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations ou IDLHs). Les conditions d'exposition IDLH sont celles où l'exposition à des contaminants de l'atmosphère est susceptible de provoquer la mort ou la survenue immédiate ou différée d'effets irréversibles sur la santé ou lorsque la fuite hors d'un tel environnement est impossible.

L'objectif poursuivi lors de l'établissement des concentrations IDLH était de s'assurer qu'un travailleur pourrait échapper sans blessure ou lésions irréversibles en cas de défaillance d'un équipement de protection respiratoire individuel. La concentration IDLH est la concentration maximale au dessus de laquelle seul un équipement de protection respiratoire individuel particulièrement fiable apportant un très haut niveau de protection du travailleur est autorisé.

#### **15.1.2.2 Les valeurs limites d'exposition de l'OSHA**

Aux USA, l'Occupational Safety & Health Administration (OSHA) du département américain du travail (U.S. Department of Labor) publie des valeurs limites réglementaires pour le milieu de travail (Permissible Exposure Limits ou PELs).

Ces valeurs figurent dans un recueil de normes réglementaires (OSHA Regulations, Standards – 29 CFR) dans la partie relative aux règles en matière de sécurité et santé sur le lieu de travail (Occupational Safety and Health Standards – 1910) applicables aux substances dangereuses (Toxic and Hazardous Substances – Z) et particulièrement aux contaminants de l'atmosphère (Air contaminants – 1910.1000).

L'OSHA distingue trois catégories de substances qui figurent dans trois tables distinctes (Z1, Z2 et Z3) comportant des exigences différentes.

Table Z1 : Les substances pour lesquelles des valeurs plafond ("C" pour Ceiling values) ont été fixées. L'exposition d'un travailleur aux substances de la table Z1, dont la valeur limite est précédée d'un C, ne doit à aucun moment dépasser la valeur limite fixée pour cette substance. Si un mesurage instantané n'est pas faisable, la valeur plafond doit être établie comme une valeur limite d'exposition moyenne sur 15 minutes qui ne doit être dépassée à aucun moment au cours de la journée de travail.

Les autres substances Valeur d'exposition moyenne sur 8 heures ("8-hour Time Weighted Average"). L'exposition d'un travailleur aux substances de la table Z1, dont la valeur limite n'est pas précédée d'un C, ne doit pas dépasser la valeur d'exposition moyenne sur 8 heures ("8-hour Time Weighted Average") fixée pour cette substance au cours de chaque période de 8 heures d'une semaine de travail de 40 heures.

Table Z2 : l'exposition d'un travailleur aux substances figurant à la table Z2 ne doit pas dépasser les valeurs limites d'exposition selon les exigences suivantes :

Valeur d'exposition moyenne sur 8 heures ("8-hour Time Weighted Average") : l'exposition d'un travailleur aux substances de la table Z2, au cours de chaque période de 8 heures d'une semaine de travail de 40 heures, ne doit pas dépasser la valeur d'exposition moyenne sur 8 heures ("8-hour Time Weighted Average") fixée pour cette substance dans la table Z2.

Concentrations plafond acceptables : l'exposition d'un travailleur aux substances de la table Z2 ne doit dépasser à aucun moment au cours d'une période de 8 heures de travail la valeur limite de concentration plafond acceptable indiqué dans la table pour la substance, excepté pour une durée, et jusqu'à un niveau de concentration n'excédant pas la durée maximum et la concentration autorisée indiquées dans la table à la colonne "valeur maximum acceptable au dessus de la concentration plafond pour une journée de travail de 8 heures".

Exemple : au cours d'une période de travail de 8 heures, un travailleur pourrait être exposé à une concentration d'une substance A (ayant une valeur limite d'exposition moyenne ou TWA de 10 ppm, une concentration plafond de 25 ppm et une valeur maximum de 50 ppm) supérieure à 25 ppm (mais jamais supérieure à 50 ppm) uniquement pour une période maximum de 10 minutes. Une telle exposition devrait être compensée par des expositions à des concentrations inférieures à 10 ppm de manière à ce que l'exposition cumulée pour la période de travail de 8 heures ne dépasse pas la moyenne de 10 ppm.

Table Z3 : l'exposition d'un travailleur aux substances figurant à la table Z3, au cours de chaque période de 8 heures d'une semaine de travail de 40 heures, ne doit pas dépasser la valeur moyenne d'exposition sur 8 heures (8-hour Time Weighted Average) fixée dans la table pour la substance considérée.

Exposition cumulée à plusieurs substances pour lesquelles une valeur limite d'exposition est fixées dans les tables Z du 29 CFR part 1910.

Pour un travailleur exposé à plus d'une substance pour lesquelles une valeur moyenne d'exposition sur 8 heures figure dans la rubrique Z du standard 29 CFR partie 1910, une formule permet de calculer si l'exposition du travailleur dépasse le niveau d'exposition réglementaire.

$$E = c(a).T(a) + C(b)T(b) + \dots + C(n)T(n) \text{ divisé par } 8$$

E = exposition équivalente sur la période de travail

C est la concentration au cours chaque période de travail T où la concentration est constante

T est la durée en heures de l'exposition à la concentration T

La valeur de E ne doit pas dépasser la valeur moyenne sur 8 heures (8-hours TWA) indiqué en Z du 29 CFR partie 1910 pour la substance considérée.

Par exemple : pour une substance A ayant une valeur d'exposition moyenne sur 8 heures de 100 ppm fixée dans la table Z1, un travailleur est exposé 2 heures à 150 ppm, 2 heures à 75 ppm et 4 heures à 50 ppm.

Selon la formule,  $E = 2 * 150 + 2*75 + 4*50$  divisé par 8 = 81,25 ppm.

L'exposition est acceptable puisque 81,25 ppm est inférieur à 100 ppm.

Dans le cas d'exposition à un mélange de polluants de l'atmosphère, l'employeur doit calculer l'exposition cumulée de la manière suivante :

$$E(m) = (C(1) \text{ divisé par } L(1) + C(2) \text{ divisé par } L(2) + \dots + (C(n) \text{ divisé par } L(n))$$

$E(m)$  = exposition équivalente au mélange

C = concentration d'un polluant particulier

L = valeur limite d'exposition indiquée en Z du 29 CFR partie 1910

La valeur de  $E(m)$  ne doit pas dépasser l'unité.

Exemple :

Substance B : concentration d'exposition pour 8 heures = 500 ppm et 8-hour TWA PEL = 1 000 ppm

Substance C : concentration d'exposition pour 8 heures = 45 ppm et 8-hour TWA PEL = 200 ppm

Substance D : concentration d'exposition pour 8 heures = 40 ppm et 8-hour TWA PEL = 200 ppm

$$E(m) = 500 \text{ divisé par } 1000 + 45 \text{ divisé par } 200 + 40 \text{ divisé par } 200$$

$$E(m) = 0,500 + 0,225 + 0,200$$

$$E(m) = 0,925$$

La valeur d'exposition est dans les limites acceptables puisque  $E(m)$  est inférieure à l'unité.

### **15.1.2.3 Les valeurs limites d'exposition de l'ACGIH**

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) est une organisation professionnelle qui contribue à la protection de la santé des travailleurs.

S'appuyant sur une revue des données scientifiques disponibles, l'ACGIH conclut sur les niveaux d'exposition en milieu de travail auxquels un travailleur peut être exposé sans risque d'atteinte à sa santé et propose à l'intention des hygiénistes industriels des valeurs limites d'exposition (TLVs) et des indicateurs biologiques d'exposition (BEIs).

L'ACGIH publie chaque année un recueil des valeurs limites d'exposition en milieu de travail (TLVs) pour les substances chimiques et les agents physiques et des indicateurs biologiques d'exposition (BEIs)<sup>13</sup>.

Les valeurs proposées par l'ACGIH ne sont pas conçues comme des normes réglementaires. Les agences gouvernementales qui établissent de telles normes prennent également en compte des facteurs économiques, la faisabilité technique et la disponibilité des méthodes pour mesurer la conformité. Seules des considérations scientifiques supportent le choix des valeurs proposées par l'ACGIH.

Pour les particules des valeurs limites différentes sont considérées selon la taille des particules et le lieu de leur action :

Inhalable Particulate Mass TLVs (IPM-TLVs) : pour les substances qui exercent un effet quelque soit le niveau de leur déposition dans le tractus respiratoire

Thoracic Particulate Mass TLVs (TPM-TLVs) : pour les substances qui exercent un effet lorsqu'elles se déposent entre les voies respiratoires et la zone des échanges gazeux

Respirable Particulate Mass TLVs (RPM-TLVs) : pour les substances qui exercent un effet lorsqu'elles se déposent dans la zone des échanges gazeux

Afin de permettre une comparaison de ses valeurs limites d'exposition avec celles d'autres organismes, l'ACGIH publie annuellement le Guide to Occupational Exposure Values qui est un recueil des valeurs limites d'exposition les plus récentes de plusieurs organismes publics américains (OSHA et NIOSH) et allemand (Deutsche Forschungsgemeinschaft ou DFG).

Le guide indique également le classement des substances cancérigènes trouvées dans le milieu de travail selon la classification établie par les organismes cités précédemment ainsi que par plusieurs autres organismes nationaux (US-Environmental Protection Agency, US- National Toxicology Program) ou internationaux (International Agency for Research on Cancer).

### **15.1.3 Les valeurs limites d'exposition professionnelle au Canada**

Les différentes juridictions du Canada présentent les valeurs limites d'exposition en milieu de travail qui s'appliquent à leur population.

Les valeurs limites d'exposition en milieu de travail qui s'appliquent aux travailleurs dans le code du travail du Canada sont les valeurs publiées par l'ACGIH (ACGIH TLVs and BEIs for 1994-1995) qui sont périodiquement actualisées et sont référencées dans la section 10.19(1) (a) des règlements canadiens pour la sécurité et la santé au travail (Canada Occupational Safety and Health Regulations) (SOR/86-304 modifié) dans la partie II du code du travail du Canada (Canada Labour Code Part II)

---

<sup>13</sup> 2003 TLVs and BEIs. Based on the documentation of the Threshold Limit values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH.

(R.S.C. 1985, c. L-2). La section 10.19(1) (b) traite spécifiquement des valeurs limites d'exposition des poussières atmosphériques et la section 10.19(2) établit que la section 10.19(1) ne s'applique pas aux concentrations de dioxyde de carbone ou des poussières respirables dans les galeries des mines de charbon.

Lorsque des valeurs limites ne figurent pas dans les règlements, les valeurs limites d'exposition en milieu de travail (TLVs) et les indices biologiques d'exposition (BEIs) de l'ACGIH doivent être considérées comme valeurs limites spécifiques.

Les valeurs limites de l'ACGIH (1986-87 TLVs) ont été utilisées comme sources des réglementations des différents états du Canada.

#### **15.1.4 Les valeurs limites d'exposition professionnelle en Allemagne**

L'institut pour la sécurité du travail des organismes d'assurance et de prévention des risques professionnels (le Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit ou BIA) a réuni dans la liste des substances dangereuses 2002<sup>14</sup> les règlements les plus importants pour la sécurité et la santé au poste de travail, ainsi que des indications complémentaires dans un tableau. La présente version est l'actualisation de la liste des substances dangereuses de l'année 2000.

La liste contient les classements et les caractérisations prescrites de substances et de préparations conformément à la directive UE 67/548/EWG (28<sup>ème</sup> mise à jour comprise) ainsi que les substances mentionnées dans les Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS 905, "liste des substances cancérigènes, entraînant des modifications du capital génétiques ou des risques pour la reproduction".

La liste contient également les valeurs limites concernant l'air – MAK (concentration maximale au poste de travail) et TRK (concentration technique conseillée) (Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS 900 "valeurs limites dans l'air au poste de travail") ainsi que les valeurs biologiques tolérées au poste de travail – BAT (Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS 903).

Pour terminer, des indications concernant entre autres les méthodes de mesures (DFG, BGI 505, dossier de travail du BIA, HSE, NIOSH, OSHA), la médecine du travail et les règlements relatifs aux substances dans l'ordonnance sur substances dangereuses (GefStoffV), l'ordonnance sur l'interdiction de produits chimiques (ChemVerbotsV) et les Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS, ainsi que les règlements des associations professionnelles sont données.

Les modifications du registre des normes techniques qui seront publiées début 2002 (par ex. Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS 900 et 905) ont été également prises en compte.

---

<sup>14</sup> BIA-Report 1/2002. Gefahrstoffliste 2002. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz.

### **15.1.5 Les valeurs limites d'exposition professionnelle en Angleterre**

Afin d'assister les employeurs vis-à-vis de leurs obligations contenues dans la réglementation pour le contrôle des substances dangereuses (Control of Substances Hazardous to Health ou COSHH regulations), la commission pour la santé et la sécurité (Health and Safety Commission ou HSC) établit des valeurs limites en milieu de travail (Occupational Exposure Limits ou OELs) ou concentrations des substances dans l'air au niveau desquelles ou en dessous desquelles le contrôle de l'exposition est considéré comme satisfaisant.

Il existe deux types de valeurs limites en milieu de travail dans les réglementations :

- des "Maximum Exposure Limits" (MELs) qui appartiennent à la réglementation et figurent dans l'annexe 1 du COSHH,
- des "Occupational Exposure Standards" (OESs).

La principale différence entre les deux valeurs limites tient à ce que les OESs sont établis à un niveau auquel il n'existe pas d'indication d'un risque d'atteinte à la santé alors que pour les MELs, un risque résiduel pourrait exister et le niveau retenu prend en compte des facteurs d'ordre socio-économique.

Maximum Exposure Limits. Pour les expositions à des substances pour lesquelles une MEL a été fixée, le contrôle de l'exposition, dans le cas d'une exposition par inhalation, est considéré comme satisfaisant seulement si

- l'utilisation de la substance est justifiée car il n'existe pas de pratique alternative plus sûre,
- le niveau d'exposition est réduit au niveau le plus bas raisonnablement praticable et dans tous les cas en dessous du MEL

Occupational Exposure Standards. Pour les expositions à des substances pour lesquelles un OES a été fixé, le contrôle de l'exposition, dans le cas d'une exposition par inhalation, est considéré comme satisfaisant seulement si

- l'OES n'est pas dépassé ou
- si l'OES est dépassé, l'employeur a identifié la raison du dépassement et prend des dispositions pour remédier à la situation dans des délais raisonnablement acceptables.

Les valeurs limites des deux types sont le résultat de délibérations de comités d'experts et d'une consultation publique.

La première décision concerne le choix d'établir un OES ou une MEL.

Pour fixer un OES à une substance, celle-ci doit remplir trois critères :

- 1- il existe un niveau d'exposition par inhalation pour lequel il n'existe pas d'indication d'un danger pour la santé,

2- l'exposition de courte durée à des niveaux plus élevés n'est pas de nature à provoquer des effets graves sur la santé,

3- le niveau fixé en 1 peut être raisonnablement atteint.

Pour une MEL, l'un ou l'autre des deux critères suivants doit être rempli :

1- les critères 1 et/ou 2 pour un OES n'est (ne sont) pas rempli(s) et l'exposition à la substance est susceptible de provoquer des effets graves sur la santé,

2- les critères 1 et/ou 2 pour un OES est (sont) rempli(s) mais des facteurs socio-économiques indiquent que pour être raisonnablement atteint, un niveau plus élevé doit être fixé.

L'établissement d'une MEL à d'importantes répercussions pour la santé des travailleurs exposés à la substance. En pratique, les MELs sont plus fréquemment établies pour des cancérogènes et d'autres substances pour lesquelles aucun seuil d'effet n'a été identifié et pour lesquelles il n'y a aucun doute quant à la gravité des effets liés à l'exposition.

Quand ils sont acceptés par la commission pour la santé et la sécurité (Health and Safety Commission), les MELs sont ajoutés à l'annexe 1 du COSHH et reproduits dans la table 1 du document EH40 du Health and Safety Executive (HSE). Les OESs sont reproduits dans la table 2 du même document. Ces différentes valeurs ont alors valeur légale.

Les concentrations de gaz et de vapeurs sont habituellement exprimées en parties par million (ppm), une mesure de la concentration par volume, ou en milligramme par mètre cube ( $\text{mg}/\text{m}^3$  ou  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), une mesure de concentration en masse. Pour les particules (fumées, poussières...) l'unité est le  $\text{mg}/\text{m}^3$  ou  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , qui renvoie soit à la fraction "inhalable totale" c'est-à-dire qui pénètre par le nez et la bouche lors de la respiration soit à la fraction "respirable" qui pénètre jusqu' la zone des échanges gazeux dans le poumon.

Les effets dus aux substances dangereuses dépendent de la nature de la substance et de la durée d'exposition :

Certains effets se produisent après une exposition prolongée ou par accumulation alors que d'autres apparaissent rapidement.

Les valeurs limites pour des exposition de longue durée (8-hour Time Weighted Average ou TWA) pour contrôler des effets à long terme tendent à réduire l'exposition par inhalation sur un ou plusieurs postes de travail et les valeurs limites à court terme (Short Term Exposure Limit ou STEL, habituellement 15 minutes) s'appliquent à des effets d'apparition plus rapide.

La liste complète des OESs et des MELs est publiée dans le document EH40 du HSE qui est revu annuellement<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> EH40/2002. Occupational Exposure Limits 2002. HSE.



## **15.2 Les indicateurs biologiques d'exposition (IBE)**

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer l'exposition d'un salarié à une substance dangereuse. L'une d'elles est la surveillance biologique, qui se fait par la mesure et le suivi de paramètres appelés indicateurs biologiques d'exposition (ou IBE). Elle permet au médecin du travail d'évaluer l'imprégnation de l'organisme par le produit chimique étudié.

Pour apprécier l'exposition professionnelle à une ou des substances dangereuses, il existe deux démarches, souvent complémentaires :

- La surveillance des atmosphères de travail : mesure des concentrations d'une ou plusieurs substances dans l'air inhalé, généralement dans le but de les comparer à des valeurs limites ou pour évaluer l'efficacité de dispositifs d'assainissement de l'air.

Cette surveillance apprécie, selon les cas, tout ou partie de l'exposition : tout si l'absorption n'a lieu que par voie respiratoire, un pourcentage variable en cas d'absorption complémentaire par voie digestive ou cutanée.

- La surveillance biologique : mesure (le plus souvent dans l'urine ou dans le sang des personnes exposées) de paramètres pouvant être soit la substance elle-même, soit un ou plusieurs de ses métabolites, soit une (ou des) modification(s) biochimique(s) provoquée(s) par l'action de la substance.

Ces paramètres, ou indicateurs biologiques d'exposition (IBE), considérés pour chaque sujet suivi, sont pris en compte par le médecin du travail dans sa démarche de surveillance médicale.

La surveillance biologique peut présenter des avantages par rapport aux contrôles individuels de l'exposition dans l'air inhalé :

- les concentrations des substances dans l'air des lieux de travail varient souvent dans le temps ; ces variations se retrouvent de façon plus ou moins atténuée dans les milieux biologiques ;

- la surveillance biologique permet d'apprécier l'exposition globale des travailleurs aux substances chimiques (et non uniquement par voie respiratoire) ; complémentaire de la surveillance des atmosphères de travail, cette méthode est parfois plus adaptée, notamment en cas d'absorption cutanée ou orale.

Les méthodes utilisées doivent être acceptables par le travailleur, pratiques pour le médecin, et suffisamment spécifiques et sensibles.

En France, c'est le médecin du travail qui établit le programme de surveillance biologique et qui choisit l'indicateur (ou les indicateurs) le(s) mieux adapté(s) aux objectifs de la surveillance et à la nature de l'exposition.

Exemple 1 : Éther monoéthylique de l'éthylèneglycol ( $C_4H_{10}O_2$ , n° CAS : 110-80-5) et son indicateur biologique d'exposition, l'acide 2-éthoxyacétique ( $C_4H_8O_3$ , n° CAS : 627-03-2).

Dans l'expression "indicateur biologique d'exposition", le mot exposition désigne toutes les circonstances à l'origine de l'absorption d'une substance par l'organisme, par quelque voie que ce soit.

L'abréviation IBE, utilisée en France, signifie indicateur, ou indice biologique d'exposition ; elle recouvre à la fois le paramètre biologique à doser et la valeur qui lui est attribuée.

Le mesurage peut être fait dans l'urine, le sang, ou, parfois, dans d'autres milieux biologiques prélevés chez les travailleurs exposés. Selon l'indicateur retenu, le milieu biologique choisi et le moment du prélèvement, il reflète soit le niveau moyen d'une exposition, soit l'importance d'une exposition chronique cumulative.

Le mesurage et le suivi de ces indicateurs, ou surveillance biologique, fournissent une évaluation de l'imprégnation de l'organisme. Les résultats sont comparés aux valeurs de référence établies dans les conditions d'exposition suivantes : chez les travailleurs en bonne santé, exposés, par inhalation seulement, à des concentrations atmosphériques égales à la VME (Valeur limite de moyenne d'exposition). Certains indicateurs biologiques sélectionnés prennent alors des valeurs qui peuvent servir de référence pour le suivi de l'hygiène et de la sécurité du travail : ces valeurs correspondent à des conditions théoriques d'exposition par inhalation de 8 heures par jour et 40 heures par semaine.

Exemple 2 : Ethylbenzène ( $C_8H_{10}$ , n° CAS : 100-41-4) et son indicateur biologique d'exposition, l'acide mandélique ( $C_8H_8O_3$ , N° CAS : 90-64-2).

Certains indicateurs biologiques sélectionnés peuvent servir de référence pour le suivi de l'hygiène et de la sécurité du travail. La note documentaire ND 2065 donne un aperçu des modalités d'établissement et de mise à jour des IBE, et reprend la liste du G2SAT des valeurs-guides<sup>16</sup>.

Cette liste a été élaborée en 1993 (et mise à jour en 1997) par le Groupe scientifique pour la surveillance des atmosphères de travail (G2SAT), à partir des valeurs publiées par l'ACGIH (American

---

<sup>16</sup> BRONDEAU MT, SCHNEIDER O. Indicateurs biologiques d'exposition. Principes de base et valeurs-guides utilisables en France". ND 2065, 1997, 8 p. (format pdf - 213 ko).

Conference of Governmental Industrial Hygienists), la DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), ou à partir d'expériences françaises. Cette liste des valeurs-guides est provisoire et expérimentale. Les IBE proposés par ces deux organismes ont fait l'objet d'une récente présentation dans un document de l'INRS<sup>17</sup>. L'ACGIH publie annuellement une liste des indices biologiques d'exposition adoptés par cet organisme<sup>18</sup> ainsi que les indices pour lesquels des propositions de modification ont été faites au cours de l'année écoulée (2003 Notice of intended changes).

Les différentes valeurs en vigueur en Allemagne sont réunies dans un document de compilation établi par le BIA (BIA-Report 1/2002. Gefahrstoffliste 2002. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz). Ce sont les valeurs biologiques tolérées au poste de travail – BAT (mentionnées dans les Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS 903).

En Angleterre des indices biologiques d'exposition (Biological monitoring guidance value ou BMGVs) sont établis et publiés à la table 3 du document EH40 du HSE<sup>19</sup>. Au niveau proposé pour certains indices (Health guidance values ou HGVs), il n'existe pas de preuve d'une possible atteinte de la santé des personnes exposées. Le dépassement modéré des HGVs n'est pas susceptible de provoquer des effets aigus ou à long terme. Cependant, des dépassements fréquents pourraient traduire une situation d'exposition mal contrôlée. D'autres indices (Benchmark guidance values ou BGVs) reflètent la moyenne dans des situations réelles ayant de bonnes pratiques d'hygiène industrielle. Sans traduire un risque de survenance de maladie, des dépassements des BGVs pourraient refléter une situation d'exposition mal contrôlée.

### **15.2.1 Le guide BIOTOX**

Conçu en collaboration avec l'Institut interuniversitaire de médecine du travail de Paris - Île-de-France, le guide BIOTOX<sup>20</sup> se propose de répondre aux questions pratiques des médecins du travail confrontés à la surveillance biologique de l'exposition professionnelle aux substances chimiques :

- Devant tel polluant, quel est le biomarqueur (l'IBE) le plus pertinent à rechercher ?
- Sur quel milieu se dose-t-il ?
- Quand et comment procéder au prélèvement ?

---

<sup>17</sup> SCHNEIDER O, BRONDEAU MT. Indices biologiques d'exposition. ND 2154-184-01. 3<sup>ème</sup> trimestre 2001.

<sup>18</sup> 2003 TLVs and BEIs. Based on the documentation of the Threshold Limit values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH.

<sup>19</sup> EH40/2002. Occupational Exposure Limits 2002. HSE.

<sup>20</sup> PILLIERE F, CONSO F. BIOTOX. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. ED 791, juin 2002, 200 p. (format pdf - 693 ko).

- A quel laboratoire adresser le prélèvement ?

- Quel est le prix moyen de ce dosage ?

- Comment interpréter les résultats ?

BIOTOX fait le point des connaissances relatives à la surveillance biologique des expositions aux toxiques industriels. Il inventorie les dosages biologiques disponibles et les laboratoires effectuant ces dosages en France et dans les pays limitrophes francophones.

L'édition 2002 du guide BIOTOX contient quelques nouveautés :

- accès aux substances par numéro CAS, famille chimique ou synonyme ;

- estimation du prix moyen de chaque dosage ;

- extension à 23 laboratoires supplémentaires ;

- élargissement à de nouvelles substances, comme le titane et certains éthers de glycol, et à de nouveaux dosages.



## 16 - Annexe VI – Outils pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires environnementaux

### 16.1 Les valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Dans le domaine des études relatives aux risques de l'environnement, afin de quantifier le risque sanitaire pour les populations au voisinage d'installations industrielles, les scientifiques ont recours à une démarche d'« évaluation quantitative des risques sanitaires » qui fait appel à des indices appelés Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) leur permettant de calculer le risque.

Les VTR sont des indices toxicologiques établissant pour une substance la relation entre la dose et l'effet (relation dose-réponse). Les VTR sont établies par des instances internationales (OMS) ou des structures nationales (ATSDR, US-EPA, Health Canada, RIVM...) ; elles sont généralement spécifiques d'un effet donné, d'une voie et d'une durée d'exposition.

Elles sont principalement élaborées pour des expositions sur la totalité de la durée de vie de l'individu. L'ATSDR et l'US-EPA proposent également des VTR pour des périodes plus courtes, puisque les VTR de l'ATSDR sont également définies pour des expositions aiguës (inférieures ou égales à 14 jours) et subchroniques (de 14 jours à 1 an) et que l'US-EPA propose dans la table HEAST des VTR pour des expositions subchroniques.

Afin de décrire et d'expliquer les bases théoriques et méthodologiques de la construction des VTR, et d'intégrer cette dimension dans le choix d'une VTR lors d'une évaluation de risque, l'InVS a publié un document relatif aux méthodes d'élaboration des VTR<sup>21</sup>.

La construction des VTR et leur définition diffèrent selon que l'on considère un seuil de toxicité ou l'absence de seuil. Les études animales sont la source principale de données toxicologiques en raison de la difficulté d'obtenir des résultats solides chez l'homme.

La sélection des VTR est une étape importante pour l'évaluation des risques sanitaires car elle permet, combinée avec l'identification des dangers et l'estimation de l'exposition des populations, de caractériser un risque pour la santé humaine.

Le cadre méthodologique de l'évaluation des risques sanitaires est le plus approprié pour qualifier les risques sanitaires à venir et complète l'approche épidémiologique pour caractériser les risques faibles. Il s'articule en quatre étapes : *l'identification des dangers* qui vise à répertorier puis sélectionner les substances ou agents rejetés dans l'environnement, notamment en s'appuyant sur leurs dangers (effets sanitaires indésirables) ; *la sélection des valeurs toxicologiques de référence*, lien entre la dose administrée de la substance et l'occurrence de l'effet étudié, qui seront mises en regard des niveaux

---

<sup>21</sup> BONVALLOT N, DOR F. Valeurs toxicologiques de référence : méthodes d'élaboration. Institut de Veille Sanitaire, janvier 2002, 84 pages. <http://www.invs.sante.fr/publications/default.htm>

d'exposition de la population concernée pour les substances sélectionnées précédemment ; *l'estimation de l'exposition des populations* qui conduit à déterminer la dose de produit qui arrive au contact ou pénètre dans l'organisme ; *la caractérisation du risque* qui combine les informations issues des trois précédentes étapes. Lorsque la quantification est possible, le résultat est exprimé sous forme d'un quotient de danger (rapport entre l'exposition de la population et la VTR) ou d'un excès de risque individuel. Le jugement sur la qualité des données disponibles est à prendre en compte à chacune des étapes.

Le document de l'InVS présente les VTR définies pour des expositions chroniques, voire subchroniques, de la population générale à des toxiques mais ne traite pas des indices utilisés en toxicologie expérimentale (DL50, CL50), ni des valeurs de référence utilisées en milieu professionnel.

### **16.1.1 Les VTR des effets à seuil**

Un effet à seuil est un effet qui survient au delà d'une certaine dose administrée de produit. En deçà de cette dose, le risque est considéré comme nul. Ce sont principalement les effets non cancérogènes qui sont classés dans cette famille. Au delà du seuil, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée. Dans ce cas, les VTR sont généralement construites sur la base de l'effet critique. Il peut être différent selon la voie d'exposition de l'organisme.

Pour une exposition par voie orale, les valeurs toxicologiques de référence sont exprimées en masse de substance par kilogramme de poids corporel et par jour (mg/kg pc/j). Ces valeurs sont définies comme étant l'estimation de la quantité de produit à laquelle un individu peut théoriquement être exposé (par ingestion) sans constat d'effet nuisible, sur une durée déterminée et sur la base de toutes les informations actuelles. On recense :

- les « Reference doses (RfD) » élaborées par l'US EPA,
- les « Minimal risk levels (MRL) » élaborés par l'ATSDR,
- les « Acceptable daily intake (ADI) » ou « Dose Journalière Admissible (DJA) », encore appelées « Tolerable Daily Intake (TDI) » ou « Dose Journalière Tolérable (DJT) », élaborées par l'OMS, le RIVM ou Health Canada.

Notons que les ADI et les TDI n'ont pas la même origine mais sont aujourd'hui confondues. Les ADI ont été établies à l'origine pour les additifs alimentaires et les résidus de pesticides dans les aliments, ce qui justifie le terme « admissible ». Les TDI ont été établies pour ces mêmes substances chimiques, pour les compartiments de l'environnement où leur présence est indésirable (l'eau potable par exemple) et pour les autres substances chimiques, n'ayant pas de fonction de protection des aliments et des cultures.

Pour une exposition par voie respiratoire, la VTR s'exprime en masse de substance par mètre cube d'air ambiant (ex : mg/m<sup>3</sup>) et correspond à la teneur de produit dans l'air ambiant à laquelle un individu peut être exposé sans constat d'effet nuisible. On recense :

- les « Reference Concentration (RfC) » élaborées par l'US EPA,
- les « Minimal risk levels (MRL) » élaborés par l'ATSDR,
- les « Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA) » élaborées par l'OMS.

Le traitement des données est différent pour l'une ou l'autre voie d'exposition. Pour une ingestion, il s'agit d'une dose rapportée au kilogramme de poids corporel, donc d'une dose rapportée à l'organisme alors que pour une inhalation, il s'agit d'une concentration dans l'air ambiant, donc d'une concentration dans un milieu de l'environnement. Cependant, elles correspondent toutes à un niveau d'exposition externe, avant le passage des barrières biologiques de l'organisme.

### **16.1.2 Les VTR des effets sans seuil**

Un effet sans seuil se définit comme un effet qui apparaît quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas. L'hypothèse classiquement retenue est qu'une seule molécule de la substance toxique peut provoquer des changements dans une cellule et être à l'origine de l'effet observé. A l'origine, la notion d'absence de seuil était associée aux effets cancérigènes uniquement.

Les différentes VTR rencontrées sont :

- pour la voie orale : l'Excès de Risque Unitaire (ERU) ou Sfo (oral slope factor) et le Drinking Water Unit Risk élaborés par l'US EPA,
- pour la voie respiratoire : l'Inhalation Unit Risk (IUR) élaboré par l'US EPA,
- quelle que soit la voie d'exposition : l'excess lifetime Cancer Risk ou CR élaboré par le RIVM et la dose ou concentration tumorigène (TD05 ou TC05 ) élaboré par Health Canada.

L'ERU et le CR correspondent à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène. Il s'agit généralement de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95% de la pente de la droite (« slope factor ») qui relie la probabilité de réponse à la dose toxique et dont la plage de validité correspond généralement à un risque compris entre 0 et 1%.

Cet indice est l'inverse d'une dose et s'exprime en  $(\text{mg/kg/j})^{-1}$  ou  $(\text{g/kg/j})^{-1}$ .

L'ERU appliqué à l'ingestion d'eau est un Drinking Water Unit Risk, exprimé comme une concentration dans un milieu, en  $(\text{g/L})^{-1}$  par exemple. Pour la voie respiratoire, l'expression de l'indice IUR est l'inverse d'une concentration dans un milieu, en  $(\text{g/m}^3)^{-1}$  par exemple.

La TD05 (ou TC05) est la dose totale (ou la concentration) qui induit une augmentation de 5% de l'incidence des tumeurs attribuables à l'exposition, ou des décès dus à ces tumeurs.





# **17 - Annexe VII – Code du travail : Exposition des travailleurs à certains agents ou procédés cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction**

## **CODE DU TRAVAIL (Partie Réglementaire - Décrets en Conseil d'Etat)**

### **Article R231-56**

*(Décret n° 79-230 du 20 mars 1979 Journal Officiel du 22 mars 1979 date d'entrée en vigueur le 1er octobre)*

*(Décret n° 86-570 du 14 mars 1986 art. 5 Journal Officiel du 18 mars 1986)*

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 2 Journal Officiel du 3 février 2001)*

Sans préjudice des mesures particulières prises en application des articles L. 231-2 et L. 231-7 pour certains agents ou procédés cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, les prescriptions de la présente sous-section sont applicables aux activités dans lesquelles les travailleurs sont exposés ou susceptibles d'être exposés au cours de leur travail à des agents cancérogènes mutagènes ou toxiques pour la reproduction.

Pour l'application de la présente sous-section, est considérée comme agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction toute substance ou toute préparation visée au 1 de l'article R. 231-51 pour laquelle l'étiquetage, prévu par l'article L. 231-6, comporte une mention indiquant explicitement son caractère cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction ainsi que toute substance, toute préparation ou tout procédé défini comme tel par arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture.

Pour l'application de la présente sous-section, est considérée comme valeur limite d'exposition professionnelle, sauf indication contraire, la limite de la moyenne pondérée en fonction du temps de la concentration d'un agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction dans l'air de la zone de respiration d'un travailleur au cours d'une période de référence déterminée.

Les dispositions de la présente sous-section, à l'exception des articles R. 231-56-1, I, alinéa 3, R. 231-56-3, III, b, g, h, R. 231-56-4-1, R. 231-56-5, alinéas 4 et 5, à R. 231-56-12, s'appliquent aux travailleurs indépendants et aux employeurs, lorsqu'ils interviennent sur chantier, dans les conditions visées à l'article L. 235-18.

### **Article R231-56-1**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 3 Journal Officiel du 3 février 2001)*

I. - Sans préjudice des dispositions des articles R. 231-54 et R. 231-54-1, l'employeur est tenu, pour toute activité susceptible de présenter un risque d'exposition à des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction d'évaluer la nature, le degré et la durée de l'exposition des travailleurs afin de pouvoir apprécier tout risque concernant leur sécurité ou leur santé et de définir les mesures de prévention à prendre. Un arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture pourra

préciser les conditions de cette évaluation.

Cette appréciation doit être renouvelée régulièrement, notamment pour prendre en compte l'évolution des connaissances sur les produits utilisés et lors de tout changement des conditions pouvant affecter l'exposition des travailleurs aux agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction.

L'employeur doit tenir à la disposition des membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel, ainsi que du médecin du travail, de l'inspecteur du travail et des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale les éléments ayant servi à cette appréciation.

II. - Lors de l'appréciation du risque, toutes les expositions susceptibles de mettre en danger la santé ou la sécurité des salariés doivent être prises en compte, y compris l'absorption percutanée ou transcutanée.

#### Article R231-56-2

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 4 I Journal Officiel du 3 février 2001)*

I. - L'employeur est tenu de réduire l'utilisation d'un agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction sur le lieu de travail lorsqu'elle est susceptible de conduire à une exposition, notamment en le remplaçant, dans la mesure où cela est techniquement possible, par une substance, une préparation ou un procédé qui, dans ses conditions d'emploi, n'est pas ou est moins dangereux pour la santé ou la sécurité des travailleurs.

II. - L'employeur fournit, sur sa demande, à l'inspecteur du travail le résultat de ses investigations.

#### Article R231-56-3

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 4 Journal Officiel du 3 février 2001)*

I. - Si les résultats de l'évaluation mentionnée au I de l'article R. 231-56-1 révèlent un risque concernant la sécurité ou la santé des travailleurs, l'exposition des travailleurs doit être évitée.

II. - Si le remplacement de l'agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction par une substance, une préparation ou un procédé sans danger ou moins dangereux pour la sécurité ou la santé n'est pas réalisable, l'employeur prend les dispositions nécessaires pour que la production et l'utilisation de l'agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction aient lieu dans un système clos.

Si l'application d'un système clos n'est pas réalisable, l'employeur fait en sorte que le niveau d'exposition des travailleurs soit réduit à un niveau aussi bas qu'il est techniquement possible.

III. - Dans tous les cas d'utilisation d'un agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction l'employeur applique les mesures suivantes :

a) Limitation des quantités d'un agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction sur le lieu de travail ;

b) Limitation du nombre de travailleurs exposés ou susceptibles de l'être ;

c) Mise au point de processus de travail et de mesures techniques permettant d'éviter ou de minimiser le dégagement d'agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction ;

d) Evacuation des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction conformément aux dispositions de l'article R. 232-5-7 ;

e) Utilisation de méthodes appropriées de mesure des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction en particulier pour la détection précoce des expositions anormales résultant d'un événement imprévisible ou d'un accident ;

f) Application de procédures et de méthodes de travail appropriées ;

g) Mesures de protection collectives ou, lorsque l'exposition ne peut être évitée par d'autres moyens,

mesures de protection individuelles ;

h) Mesures d'hygiène, notamment de nettoyage régulier des sols, murs et autres surfaces conformément aux prescriptions de l'article R. 232-1-14 ;

i) Information des travailleurs ;

j) Délimitation des zones à risque et utilisation de signaux adéquats d'avertissement et de sécurité, y compris les signaux "défense de fumer" dans les zones où les travailleurs sont exposés ou susceptibles d'être exposés à des agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction ;

k) Mise en place de dispositifs pour les cas d'urgence susceptibles d'entraîner des expositions anormalement élevées, en particulier lors d'éventuelles ruptures du confinement des systèmes clos ;

l) Utilisation de moyens permettant le stockage, la manipulation et le transport sans risque des produits cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction notamment par l'emploi de récipients hermétiques étiquetés de manière claire, nette et visible ;

m) Collecte, stockage et évacuation sûrs des déchets.

#### Article R231-56-4

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 5 Journal Officiel du 3 février 2001)*

Si les résultats de l'évaluation prévue au I de l'article R. 231-56-1 révèlent un risque pour la sécurité ou la santé des travailleurs, l'employeur tient à la disposition de l'inspecteur du travail et des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale, des travailleurs exposés, des médecins du travail, du médecin inspecteur régional du travail et de la main-d'oeuvre et des membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel des informations appropriées sur :

a) Les activités ou les procédés industriels mis en oeuvre, y compris les raisons pour lesquelles des agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction sont utilisés ;

b) Les quantités fabriquées ou utilisées de substances ou préparations qui contiennent des agents cancérigènes mutagènes ou toxiques pour la reproduction ;

c) Le nombre de travailleurs exposés ;

d) Les mesures de prévention prises ;

e) Le type d'équipement de protection à utiliser ;

f) La nature et le degré de l'exposition, notamment sa durée ;

g) Les cas de substitution par un autre produit.

#### Article R231-56-4-1

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 6 Journal Officiel du 3 février 2001)*

*(Décret n° 2001-532 du 20 juin 2001 art. 65 Journal Officiel du 22 juin 2001)*

I. - Les contrôles techniques destinés à vérifier le respect des valeurs limites doivent être effectués au moins une fois par an par un organisme agréé par arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture dans les conditions prévues aux articles R. 231-55 et R. 231-55-1.

Le silence gardé pendant plus de quatre mois sur une demande d'agrément visée à l'alinéa précédent vaut décision de rejet.

Les prélèvements sont faits sur des postes de travail en situation significative de l'exposition habituelle. La stratégie de prélèvement est établie par l'employeur, après avis de l'organisme agréé prévu ci-dessus, du médecin du travail, du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel.

II. - Le dépassement des valeurs limites fixées par décret en application du 2° de l'article L. 231-2 et de l'article L. 231-7 doit sans délai entraîner un nouveau contrôle dans les mêmes conditions ; si le dépassement est confirmé, le travail doit être arrêté aux postes de travail concernés jusqu'à la mise en oeuvre des mesures propres à remédier à la situation.

III. - Toute modification des installations ou des conditions de fabrication susceptible d'avoir un effet

sur les émissions d'agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction doit être suivie d'un nouveau contrôle dans un délai de quinze jours.

IV. - Les résultats de l'ensemble de ces contrôles sont communiqués par le chef d'établissement au médecin du travail et au comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, aux délégués du personnel. Ils sont tenus à la disposition de l'inspecteur du travail, du médecin inspecteur du travail ainsi que des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale.

#### **Article R231-56-5**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 7 Journal Officiel du 3 février 2001)*

Les travailleurs doivent être informés par l'employeur des incidents ou des accidents susceptibles d'entraîner une exposition anormale.

Jusqu'au rétablissement de la situation normale et tant que les causes de l'exposition anormale ne sont pas éliminées, seuls les travailleurs indispensables pour l'exécution des réparations et d'autres travaux nécessaires sont autorisés à travailler dans la zone affectée par l'incident ou l'accident.

L'employeur met en outre à la disposition des travailleurs concernés un vêtement de protection et un équipement individuel de protection respiratoire et doit veiller à ce qu'ils soient effectivement portés. En tout état de cause, l'exposition des travailleurs ne peut pas être permanente et doit être limitée pour chacun au strict nécessaire.

Les travailleurs non protégés ne sont pas autorisés à travailler dans la zone affectée.

Afin de maintenir ou restaurer les conditions de salubrité dans cette zone, l'élimination des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction doit s'effectuer sans créer de nouveaux risques pour les travailleurs de l'établissement ou l'environnement de ce même établissement.

#### **Article R231-56-6**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 8 Journal Officiel du 3 février 2001)*

I. - Pour certaines activités telles que l'entretien, pour lesquelles la possibilité d'une augmentation sensible de l'exposition est prévisible et à l'égard desquelles toutes les possibilités de prendre d'autres mesures techniques de prévention sont déjà épuisées, le chef d'établissement détermine, après avis du médecin du travail, du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel, les mesures nécessaires pour réduire le plus possible la durée d'exposition des travailleurs et pour assurer leur protection durant ces activités.

Le chef d'établissement met à disposition des travailleurs concernés un vêtement de protection et un équipement individuel de protection respiratoire et veille à ce qu'ils soient effectivement portés aussi longtemps que l'exposition persiste ; celle-ci ne peut pas être permanente et est limitée pour chaque travailleur au strict nécessaire.

II. - Les mesures appropriées sont prises pour que les zones où se déroulent les activités visées au I ci-dessus soient clairement délimitées et signalées et pour que leur accès soit interdit à toute personne non autorisée.

#### **Article R231-56-7**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 Journal Officiel du 3 février 2001)*

Au vu des résultats de l'appréciation faite conformément à l'article R. 231-56-1, les mesures appropriées sont prises par l'employeur pour que les zones où se déroulent les activités révélant un risque pour la sécurité ou la santé ne puissent être accessibles à d'autres travailleurs que ceux qui, en raison de leur travail ou de leur fonction, sont amenés à y pénétrer.

#### **Article R231-56-8**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 9 Journal Officiel du 3 février 2001)*

Sans préjudice des dispositions des articles R. 232-2 à R. 232-2-7, le chef d'établissement est tenu, pour toutes les activités pour lesquelles il existe un risque de contamination par des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction de prendre les mesures appropriées suivantes :

- a) Veiller à ce que les travailleurs ne mangent pas, ne boivent pas et ne fument pas dans les zones de travail concernées ;
- b) Fournir des vêtements de protection ou tous autres vêtements appropriés, les placer dans un endroit déterminé, les vérifier et les nettoyer, si possible avant et, en tout cas, après chaque utilisation et les réparer ou remplacer s'ils sont défectueux conformément aux dispositions de l'article R. 233-42 ;
- c) Veiller à ce que les travailleurs ne sortent pas de l'établissement avec les équipements de protection individuelle ou les vêtements de travail.
- d) Lorsque l'entretien de ces équipements est assuré à l'extérieur de l'entreprise, le chef d'établissement chargé du transport et de l'entretien doit être informé de l'existence et de la nature de la contamination, conformément aux dispositions de l'article R. 237-2.

#### **Article R231-56-9**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 10 Journal Officiel du 3 février 2001)*

I. - En application des articles L. 231-3-1 et L. 231-3-2, le chef d'établissement organise, en liaison avec le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, les délégués du personnel et le médecin du travail, la formation à la sécurité et l'information des travailleurs susceptibles d'être exposés à l'action d'agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction notamment en ce qui concerne les risques potentiels pour la santé, y compris les risques additionnels dus à la consommation du tabac, les précautions à prendre pour prévenir l'exposition, les prescriptions en matière d'hygiène, le port et l'emploi des équipements et des vêtements de protection, les mesures à prendre par les travailleurs, notamment par le personnel d'intervention, en cas d'incident et pour la prévention d'incidents.

La formation à la sécurité et l'information doivent être adaptées à l'évolution des risques et à l'apparition de risques nouveaux. Elles sont répétées régulièrement. En tout état de cause, elles doivent favoriser une application des règles de prévention adaptée à l'évolution des connaissances et des techniques.

Cette information des travailleurs porte sur les effets potentiellement néfastes de l'exposition à ces substances chimiques sur la fertilité, sur l'embryon en particulier lors du début de la grossesse, sur le fœtus et pour l'enfant en cas d'allaitement. Elle doit sensibiliser les femmes quant à la nécessité de déclarer le plus précocement possible leur état de grossesse et les informer sur les mesures prévues aux articles L. 122-25-1 et R. 231-56-12.

II. - En outre, le chef d'établissement est tenu d'informer les travailleurs de la présence d'agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction dans les installations, et il doit veiller à ce que les récipients annexes qui contiennent de tels agents soient étiquetés de manière claire et lisible.

Le danger est signalé par tout moyen approprié.

#### **Article R231-56-10**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 11 Journal Officiel du 3 février 2001)*

I. - Les travailleurs et les membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, les délégués du personnel doivent pouvoir vérifier que les dispositions de la présente sous-section sont appliquées notamment en ce qui concerne, d'une part, les conséquences sur la sécurité et la santé des choix et de l'utilisation des vêtements et des équipements de protection et, d'autre part, les mesures mentionnées au premier alinéa du I de l'article R. 231-56-6.

II. - Les travailleurs et les membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, les délégués du personnel, ainsi que le médecin du travail, sont informés le plus rapidement possible des expositions anormales, y compris celles qui sont mentionnées à l'article R. 231-56-6, de leurs causes et des mesures prises ou à prendre pour y remédier.

III. - L'employeur tient une liste actualisée des travailleurs employés dans les activités pour lesquelles l'évaluation des risques prévue au I de l'article R. 231-56-1 met en évidence un risque concernant la sécurité ou la santé en précisant la nature de l'exposition et sa durée, ainsi que son degré tel qu'il est connu par les résultats des contrôles effectués.

L'employeur établit pour chacun de ces travailleurs une fiche d'exposition comprenant les informations suivantes :

a) La nature du travail effectué, les caractéristiques des produits, les périodes d'exposition et les autres risques ou nuisances d'origine chimique, physique ou biologique du poste de travail ;

b) Les dates et les résultats des contrôles de l'exposition individuelle au poste de travail ainsi que la durée et l'importance des expositions accidentelles.

IV. - Chaque travailleur concerné est informé de l'existence de la fiche d'exposition et a accès aux informations le concernant. Le double de cette fiche est transmis au médecin du travail.

V. - Sans préjudice des dispositions prises en application de l'article L. 236-3, les informations mentionnées au présent article sont recensées par poste de travail et tenues à disposition des membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel.

#### **Article R231-56-11**

*(Décret n° 92-1261 du 3 décembre 1992 art. 7 Journal Officiel du 5 décembre 1992 en vigueur le 1er janvier 1993)*

*(Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 1 art. 12 Journal Officiel du 3 février 2001)*

I. - a) Un travailleur ne peut être affecté à des travaux l'exposant à un agent cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction que s'il a fait l'objet d'un examen préalable par le médecin du travail et si la fiche d'aptitude, établie en application de l'article R. 241-57 du présent code ou du I de l'article 40 du décret n° 82-397 du 11 mai 1982 relatif à l'organisation et au fonctionnement des services médicaux du travail en agriculture, s'il s'agit d'un salarié agricole, atteste qu'il ne présente pas de contre-indication médicale à ces travaux.

Cette fiche indique la date de l'étude du poste de travail et celle de la dernière mise à jour de la fiche d'entreprise.

L'examen médical pratiqué en application des dispositions de l'alinéa précédent comprend un examen clinique général et, selon la nature de l'exposition, un ou plusieurs examens spécialisés complémentaires auxquels le médecin du travail procède ou fait procéder. Ces examens sont à la charge de l'employeur.

Cette fiche d'aptitude est renouvelée au moins une fois par an, après examen par le médecin du travail.

Chaque travailleur est informé par le médecin du travail des résultats et de l'interprétation des examens médicaux et complémentaires dont il a bénéficié.

Le travailleur ou l'employeur peut contester les mentions portées sur la fiche d'aptitude, dans les quinze jours qui suivent sa délivrance, auprès de l'inspecteur du travail. Ce dernier statue après avis conforme du médecin inspecteur régional du travail et de la main-d'oeuvre, qui peut faire pratiquer, aux frais de l'employeur, des examens complémentaires par les spécialistes de son choix.

Les instructions techniques précisant les modalités des examens des médecins du travail assurant la surveillance médicale des travailleurs exposés à des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction sont définies, en tant que de besoin, par arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture.

b) En dehors des visites périodiques, l'employeur est tenu de faire examiner par le médecin du travail tout travailleur qui se déclare incommodé par des travaux qu'il exécute. Cet examen peut être réalisé à l'initiative du travailleur.

c) Le médecin du travail est informé par l'employeur des absences pour cause de maladie d'une durée supérieure à dix jours des travailleurs exposés aux agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction.

II. - a) Si un travailleur est atteint soit d'une maladie professionnelle, soit d'une anomalie susceptible de résulter d'une exposition à des agents cancérogènes ou mutagènes, tout le personnel ayant subi une exposition comparable sur le même lieu de travail fait l'objet d'un examen médical, assorti éventuellement d'examens complémentaires.

b) Si un travailleur présente une maladie ou une anomalie susceptible de résulter d'une exposition à des agents toxiques pour la reproduction, le médecin du travail apprécie quels examens mettre en oeuvre pour le personnel ayant subi une exposition comparable.

Dans tous ces cas, conformément aux dispositions de l'article R. 231-56-1 ci-dessus, en vue d'assurer une meilleure protection de la santé et de la sécurité des travailleurs, une nouvelle évaluation des risques est effectuée.

III. - Le médecin du travail constitue et tient, pour chacun des travailleurs exposés, un dossier individuel contenant :

1° Le double de la fiche d'exposition prévue au III de l'article R. 231-56-10 ;

2° Les dates et les résultats des examens médicaux complémentaires pratiqués.

IV. - Ce dossier doit être conservé pendant au moins cinquante ans après la fin de la période d'exposition.

Ce dossier est communiqué, sur sa demande, au médecin inspecteur régional du travail et de la main-d'oeuvre et peut être adressé, avec l'accord du travailleur, au médecin choisi par celui-ci.

Si l'établissement vient à disparaître ou si le travailleur change d'établissement, l'ensemble du dossier est transmis au médecin inspecteur régional du travail et de la main-d'oeuvre, à charge pour celui-ci de l'adresser, à la demande du travailleur, au médecin du travail désormais compétent.

V. - Une attestation d'exposition aux agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction est remplie par l'employeur et le médecin du travail dans les conditions fixées par arrêté conjoint des ministres chargés du travail et de l'agriculture. Elle est remise au travailleur à son départ de l'établissement, quel qu'en soit le motif.

#### **Article R231-56-12**

*(inséré par Décret n° 2001-97 du 1 février 2001 art. 13 Journal Officiel du 3 février 2001)*

Les femmes enceintes et les femmes allaitantes ne peuvent être affectées ou maintenues à des postes de travail les exposant à des agents avérés toxiques pour la reproduction.





# **18 - Annexe VIII - Directive 90/394/CEE : Protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes et mutagènes au travail**

---

## **1) OBJECTIF**

Fixer les exigences minimales de protection des travailleurs spécifiques à l'exposition à des agents cancérigènes et mutagènes. Réduire l'exposition pour réduire les risques sanitaires et arrêter des valeurs limites d'exposition ainsi que des mesures préventives.

## **2) MESURES DE LA COMMUNAUTÉ**

**Directive 90/394/CEE du Conseil, du 28 juin 1990, concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes au travail (sixième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE).**

Modifiée par les mesures suivantes :

directive 97/42/CE du Conseil, du 27 juin 1997;  
directive 1999/38/CE du Conseil du 29 avril 1999.

## **3) CONTENU**

1. La directive ne s'applique pas aux travailleurs exposés seulement aux rayonnements relevant du traité CEEA. Elle s'applique aux travailleurs exposés à l'amiante et au Chlorure de vinyle monomère dans la mesure où ses dispositions sont plus favorables que les directives particulières.

2. Définitions :

- "agent cancérigène": une substance ou une préparation qui répond aux critères de classification fixés dans les annexes VI et I de la directive 67/548/CEE et I de la directive 88/379/CEE) ainsi que celles visées à l'annexe I de la présente directive.
- "valeur limite": sauf indication contraire, la limite de la moyenne pondérée en fonction du temps de la concentration d'un agent cancérigène dans l'air de la zone de respiration d'un travailleur au cours d'une période de référence déterminée à l'annexe III de la directive.

3. Identification et appréciation des risques. La nature, le degré et la durée de l'exposition des travailleurs doivent être déterminés régulièrement pour apprécier tout risque sanitaire et déterminer les mesures à prendre. Il doit être tenu compte de toutes les voies d'exposition, y compris l'absorption transcutanée et/ou percutanée. Une attention particulière est portée aux travailleurs particulièrement sensibles.

### **Obligations des employeurs**

4. Réduction et substitution

Réduire l'utilisation d'un agent cancérigène, notamment en le remplaçant, si c'est techniquement possible, par un autre qui n'est pas ou est moins dangereux.

5. Dispositions visant à éviter ou à réduire l'exposition

Assurer la production et l'utilisation de l'agent cancérigène dans un système clos. Si ce n'est pas techniquement possible, assurer un niveau d'exposition aussi réduit qu'il est techniquement possible. Treize mesures doivent être appliquées.

#### 6. Information de l'autorité compétente

Mise à disposition sur demande des informations, entre autres, sur les raisons pour lesquelles des agents cancérigènes sont utilisés, sur les mesures préventives prises et sur le nombre de travailleurs exposés.

#### 7. Exposition anormale imprévisible/prévisible

Information/consultation des travailleurs. Un vêtement de protection et un équipement individuel de protection respiratoire doivent être portés, et l'exposition est limitée au strict nécessaire.

#### 8. Accès aux zones à risque

Accès limité aux seuls travailleurs amenés à y pénétrer pour leur travail ou par leur fonction.

9. Mesures d'hygiène et de protection individuelle sans charge financière pour les travailleurs : assurer que les travailleurs ne mangent, ne boivent ni ne fument dans les zones de travail où existe un risque de contamination ; leur fournir des vêtements appropriés et prévoir des emplacements séparés pour le rangement des vêtements de travail et de ville; mettre à disposition des sanitaires et des salles d'eau ; placer correctement les équipements de protection, les vérifier et les nettoyer avant et après chaque utilisation.

#### 10. Information et formation des travailleurs :

- concernant notamment les risques sanitaires potentiels et additionnels (tabac), les précautions pour prévenir l'exposition, l'hygiène, les vêtements de protection et les mesures en cas d'incident;
- veiller à l'étiquetage clair et lisible des récipients, emballages et installations contenant des agents cancérigènes et exposer des signaux de danger;
- leur permettre de vérifier si la directive est correctement appliquée.

#### 11. Consultation et participation des travailleurs sur les matières couvertes par la directive.

### **Dispositions diverses**

#### 12. Surveillance médicale

Les États membres assurent la surveillance appropriée de la santé des travailleurs exposés pour que des mesures de médecine puissent être appliquées ainsi que toute mesure individuelle de protection ou de prévention. Des recommandations pratiques figurent à l'annexe II. Tous les cas de cancers résultant de l'exposition pendant le travail qui ont été identifiés doivent être notifiés à l'autorité responsable.

#### 13. Tenue des dossiers

La liste actualisée des travailleurs exposés que doit tenir l'employeur ainsi que le dossier médical individuel sont conservés pendant au moins quarante ans après la fin de l'exposition.

#### 14. Valeurs limites

Le Conseil arrête, par voie de directives, des valeurs limites concernant tous les agents cancérigènes pour lesquels cela est possible et, si nécessaire, d'autres dispositions directement connexes. L'annexe III contient la première de ces valeurs, qui concerne le benzène.

15. Les annexes I et III ne peuvent être modifiées que par le Conseil (procédure de l'ancien article 118 A, nouvel article 138 du traité), les adaptations techniques de l'annexe II sont arrêtées par la Commission assistée du comité prévu.

16. La directive 1999/38/CE étend la protection des travailleurs aux agents mutagènes.

17. Les agents mutagènes de cellules germinatives, présents dans les poussières de bois, sont des substances susceptibles de provoquer des modifications de la structure des cellules et risquent d'avoir des effets cancérigènes. Des valeurs limites pour les poussières de bois dur sont donc mises en place.

18. Les dispositions de la directive 78/610/CEE sont incluses dans la directive 1999/38/CE. Les dispositions de la directive 1999/38/CE prévoient une réduction des valeurs annuelles fixées par la directive 78/610/CEE sur la protection sanitaire des travailleurs exposés au chlorure de vinyle monomère. La directive 78/610/CEE est abrogée avec effet au 29 avril 2003.

#### **4) ÉCHÉANCE FIXÉE POUR LA MISE EN OEUVRE DE LA LÉGISLATION DANS LES ÉTATS MEMBRES**

- Directive 90/394/CEE: 31.12.1992
- Directive 97/42/CE: 27.06.2000
- Directive 1999/38/CE: 29.04.2003

#### **5) DATE D'ENTRÉE EN VIGUEUR (si elle ne concorde pas avec la date précédente)**

#### **6) RÉFÉRENCES**

**Journal officiel L 196, 26.07.1990**  
**Journal officiel L 179, 08.07.1997**

##### **Avis rectificatifs**

**Journal officiel L 265, 30.09.1998**  
**Journal officiel L 138, 01.06.1999**  
**Journal officiel L 37, 12.02.2000**

#### **7) TRAVAUX ULTÉRIEURS**

**Le 8 avril 1999, la Commission a présenté une proposition de directive du Conseil concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes au travail (sixième directive particulière au sens de l'article 16 paragraphe 1 de la directive 89/391/CEE) (version codifiée) [COM(99) 152 final COD99085].**

Dans un souci de clarté et de transparence du droit communautaire, la présente proposition vise la codification de la directive 90/394/CEE, modifiée à plusieurs reprises depuis son adoption. La nouvelle directive se substituera aux diverses directives qui font l'objet de l'opération de codification. La proposition respecte totalement la substance des textes codifiés et se limite à les regrouper dans un texte unique en y apportant les seules modifications formelles requises par l'opération même de codification.

Procédure de codécision

La proposition est actuellement soumise au Parlement européen en première lecture.

**8) MESURES D'APPLICATION DE LA COMMISSION**

## **19 - Annexe IX - Transposition de la directive 90/394/CEE dans les pays de l'Union européenne**

Au 26 novembre 2002, les quinze pays de l'Union avaient fait communication aux instances européennes des dispositions législatives nationales appliquant la directive 90/394 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes au travail.

Les différents textes de transposition sont indiqués ci-dessous. Les sources consultées sont, d'une part, le document de synthèse publié par la Commission européenne en 1997<sup>22</sup> et, d'autre part, les fiches qui étaient disponibles jusqu'en 2001 sur le site SCADPlus<sup>23</sup> où la Commission européenne donne accès à des synthèses de la législation européenne.

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Allemagne**

Gefahrstoffverordnung vom 26/10/93 (Bundesgesetzblatt (Teile I, II, III) Teil I N.57, 30/10/93)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Autriche**

Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (Bundesgesetzblatt, S. 3785, 17/06/94)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Belgique**

Arrêté Royal du/Koninklijk Besluit van 02/12/93 (Moniteur Belge du/Belgisch Staatsblad van 29/12/93, N.93-3006)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE au Danemark**

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N 1163 16/12/92 om faste arbejdssteders indretning

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N.1109 15/12/92 om anvendelse af tekniske hjælpemidler

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N 693 14/10/91 om byggepladers og lignende arbejdssteders indretning

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N 1181 af 18/12/92 om virksomhedernes sikkerheds og sundhedsarbejde

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N 1165 af 16/12/92 om arbejdsmedicinske undersøgelser efter lov om arbejdsmiljø

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N 646 18/12/85

Lov N 220 af 22/4/87

Lov N 380 af 13/6/90

Lov N 273 af 8/5/91

---

<sup>22</sup> National transposition measures. Situation au 1<sup>er</sup> janvier 1998. Commission européenne.

<sup>23</sup> <http://europa.eu.int/scadplus/>

Lov 373 af 20/5/92

Lov N 474 af 24/6/92

Lov N 177 af 14/4/93

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N 540 af 02/10/82 om stoffer og materialer

Arbejdsministeriet bekendtgørelse N 1182 af 18/12/92 om arbejdets udførelse

Bekendtgørelse N 300 af 12/5/93 om foranstaltninger til forebyggelse af kræfttrisiko ved arbejde med stoffer og materialer mv

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Espagne**

Real Decreto N° 665/97 de 12/5/97 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (Boletín Oficial del Estado N° 124, 24/5/97, p.16111)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en France**

Arrêté ministériel, 05/01/93 (Journal Officiel, 19/02/93, p.2729)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Finlande**

Valtioneuvoston päätös työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta 92/1182, 26/11/92 (Suomen Säädoskoelma 7/12/92)

Työministeriön päätös syöpäsairauden vaara aiheuttavista tekijöistä 93/838, 16/09/93 (Suomen Säädoskoelma 30/9/93)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Grèce**

Décret présidentiel N.61/75 de 1975

Décret présidentiel N.1179/80 de 1980

Décret présidentiel N.329/83 de 1983

Loi N.1568/85 de 1985

Décret présidentiel N.70A/88 de 1988

Loi N.1836/1989, 14/03/89

Décision ministérielle N.1197/89 de 1989

Décret présidentiel N 399/94 (FEK N 221/A 17/12/94 p 3992-3996)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Italie**

Decreto Legislativo N.626, 19/09/94 (Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale N.141, 12/11/94)

### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Irlande**

Safety, Health and Welfare at Work (Carcinogens) Regu. of 1993 (Statutory Instrument N.80 of 1993)

European Communities (Protection of Workers) (Exposure to Asbestos) (Amendment) Regulations of 1993 (Statutory Instrument N.276 of 1993)

#### **Transposition de la directive 90/394/CEE au Luxembourg**

Règlement Grand Ducal 04/11/94 (Mémorial A N.96, p.1856, 17/11/94)

#### **Transposition de la directive 90/394/CEE aux Pays-Bas**

Besluit van 04/02/94 tot vaststelling van voorschriften terbescherming van werk nemers tegen de gevaren van te lootstelling aan krankerverwekkende stoffen en processen op het werk (Besluit kranverwekken de stoffen en processen) (Staatsblad 1994, 91)

#### **Transposition de la directive 90/394/CEE au Portugal**

Decreto-lei N.390, 20/11/1993 (Diário da República I Aviso N.272, p.6462-6465, 20/11/93)

#### **Transposition de la directive 90/394/CEE au Royaume-Uni**

The Control of Substances Hazardous to Health (Amendment) Regulations 1992 (Statutory Instrument 1992 N.I. N.2382, Health and Safety of 14/10/92)

The Control of Substances Hazardous to Health (Amendment) Regulations 1993 (Statutory Instrument N.I N.41, Health and Safety of 05/02/93)

#### **Transposition de la directive 90/394/CEE en Suède**

Arbetsmiljölög,

Arbetsmiljöförordning (Svensk författningssamling (SFS) 1977:1160 Svensk författningssamling (SFS) 1977:1166

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1980:11 ändring AFS 1993:7

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1980:12

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1981:12

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1983:10

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1984:8

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1985:1, 4, 17

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1988:7

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1990:13, 14

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1992:2

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1993:4, 9, 37)



**AIDE A L'IDENTIFICATION DES RISQUES CMR  
(CANCEROGENE, MUTAGENE ET  
TOXIQUE POUR LA REPRODUCTION)  
POUR LES FILIERES DE TRAITEMENT DES DECHETS**

**PHASE 2**

<b>1 - ACRONYMES .....</b>	<b>4</b>
<b>2 - RESUME .....</b>	<b>7</b>
<b>3 - INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
<b>4 - ACTUALISATION DE LA BASE CMR.....</b>	<b>11</b>
4.1 Actualisation de la liste des substances CMR .....	11
4.2 Actualisation du classement CMR des substances.....	11
4.3 Actualisation des valeurs limites d'exposition professionnelles des substances CMR.....	19
4.3.1 Introduction des valeurs limites d'exposition professionnelles de l'UE dans la base CMR.....	19
4.3.2 Actualisation des valeurs limites d'exposition professionnelle françaises, américaines, allemandes et anglaises.....	19
4.4 Actualisation des indicateurs biologiques des substances CMR.....	29
<b>5 – POSSIBILITES D'INTERROGATION DE LA BASE CMR.....</b>	<b>33</b>
<b>6 - ETABLISSEMENT DE LISTES PREETABLIES DE MOLECULES CMR .....</b>	<b>37</b>
6.1 Famille "Composés Aromatiques Polycycliques" .....	38
6.2 Famille "Composés Aromatiques Monocycliques" .....	39
6.3 Famille "Composés Phénoliques" .....	39
6.4 Familles "PCB congénères" (liste courte) et "PCB congénères" (liste longue) .....	40
6.5 Famille "PCB arochlor" .....	40
6.6 Famille "Autres Composés Halogénés" .....	40
6.7 Famille "Pesticides Chlorés" .....	41
6.8 Famille "Pesticides Azotés" .....	41
6.9 Famille "Pesticides Phosphorés" .....	42
6.10 Famille "Carbamates" .....	42
6.11 Famille "Pyréthroïdes" .....	42
6.12 Famille "Polluants Organiques Persistants" (POP's) .....	42
6.13 Famille "Règlement CE n°1179/94 du 25 mai 1994" .....	44
6.14 Famille " Décision n°2455/2001/CE" .....	45
6.15 Famille "Circulaire MATE du 4 février 2002" .....	48
6.16 Famille "HAP" .....	48

<b>6.17</b>	<b>Famille "Composés organohalogénés" .....</b>	<b>48</b>
6.17.1	Sous famille des "Composés Organochlorés" : .....	49
6.17.2	Sous famille des "Composés Organo-iodés" : .....	50
6.17.3	Sous famille des "Composés Organo-bromés" : .....	51
6.17.4	Sous famille des "Composés Organo-fluorés" : .....	51
<b>6.18</b>	<b>Famille "Fibres minérales" .....</b>	<b>52</b>
<b>6.19</b>	<b>Famille "composés minéraux" .....</b>	<b>52</b>
<b>6.20</b>	<b>Famille "Composés Organo-métalliques" .....</b>	<b>53</b>
 <b>7 - ACCES AUX DONNEES SCIENTIFIQUES POUR L'ELABORATION DES VALEURS DE REFERENCES PAR LES DIFFERENTS ORGANISMES .....</b>		<b>54</b>
<b>7.1</b>	<b>L'élaboration des valeurs limites d'exposition professionnelle dans les différents pays .....</b>	<b>54</b>
7.1.1	L'élaboration des VLEP en Europe .....	54
7.1.2	L'élaboration des VLEP en France .....	56
7.1.3	L'élaboration des VLEP aux USA .....	57
7.1.4	L'élaboration des VLEP en Grande Bretagne .....	64
7.1.5	Comparaison des VLEP établies par les différents organismes .....	67
<b>7.2</b>	<b>L'élaboration des indicateurs biologiques d'exposition dans les différents pays .....</b>	<b>72</b>
<b>7.3</b>	<b>L'élaboration des valeurs toxicologiques de référence par les différents organismes .....</b>	<b>74</b>
7.3.1	La base de données IRIS pour l'évaluation du risque de l'EPA .....	74
7.3.2	Les Toxicological profiles de l'ATSDR .....	75
7.3.3	Les directives de qualité de l'air pour l'Europe de l'OMS .....	76
<b>7.4</b>	<b>Conclusions concernant l'accès aux données scientifiques pour l'élaboration des valeurs de référence par les différents organismes .....</b>	<b>80</b>

# 1 - Acronymes

- A.C.G.I.H. : American Conference of Governmental Industrial Hygienists
- A.D.E.M.E. : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
- A.D.I. : Acceptable Daily Intake
- A.D.N. : Acide désoxyribonucléique
- A.T. – M.P. : Accident du Travail – Maladie Professionnelle
- A.T.S.D.R. : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- B.A.T. : Biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte (Valeurs biologiques tolérées au poste de travail) (Allemagne)
- B.I.A. : Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (Institut pour la sécurité du travail des organismes d'assurance et de prévention des risques professionnels) (Allemagne)
- B.M.G.V. : Biological monitoring guidance values (HSE – GB)
- B.M.G.V. – H.G.V. : Biological monitoring guidance values – Health guidance value (HSE – GB)
- B.M.G.V. – B.G.V. : Biological monitoring guidance values – Benchmark guidance value (HSE – GB)
- B.O.E.L.Vs S.T.EL. : Binding occupational exposure limit values - Short Term Exposure Limit (UE)
- B.O.E.L.Vs T.W.A. : Binding occupational exposure limit values - Time Weighted Average (UE) (Valeurs limites contraignantes)
- C.A.A. : Concentration Admissible dans l'Air
- C.D.C. : Center for Disease Control
- C.E.E. : Communauté Economique Européenne
- C.E.R.C.L.A. : Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act (connu sous le nom de SUPERFUND)
- C.E.T. : Centre d'enfouissement technique
- C.f.u. : Colony forming unit (unités formant colonies)
- C.H.S.C.T. : Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail
- C.I.R.C. : Centre International de Recherche sur le Cancer (Voir également I.A.R.C.)
- C.N.A.M. ou C.N.A.M.T.S. : Caisse Nationale d'Assurance Maladie (des Travailleurs Salariés)
- C.O.V. : Composés organiques volatiles
- C.P.A.M. : Caisse Primaire d'Assurance Maladie
- C.R. : excess lifetime Cancer Risk
- C.R.A.M. : Caisse Régionale d'Assurance Maladie
- C.R.R.M.P. : Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles
- C.Rf : concentration de référence (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- D.F.G. : Deutsche Forschungsgemeinschaft (Allemagne)
- D.H.A. : Dose Hebdomadaire Admissible
- D.H.T. : Dose Hebdomadaire Tolérable
- D.J.A. : Dose Journalière Admissible ou Dose Journalière Acceptable
- D.L<sub>50</sub> : dose létale 50% (expérimentalement dose qui entraîne 50 % de décès parmi les animaux traités)
- D.M.E.N.O. : Dose Minimale pour laquelle un Effet Nocif est Observé
- D.M.S.E.N.O. : Dose Minimale Sans Effet Nocif Observé (ou en anglais No Observed Adverse Effect Level-NOAEL), dose la plus basse n'ayant pas entraîné d'effet observable chez l'espèce la plus sensible

D.R.T. : Direction des Relations du Travail du Ministère du travail  
D.R.T.E.F.P. : Direction Régionale du Travail de l'Emploi et de la Formation Professionnelle  
D.Rf : dose de référence (en µg/kg/j)  
E.D. : équivalent-dioxine  
E.R.U. : Excès de Risque Unitaire exprimé en (µg/m<sup>3</sup> )  
E.U. : Unité d'endotoxine, par référence à une endotoxine produite par une souche bactérienne précisée en bon état de fonctionnement  
H.A.P. : Hydrocarbures aromatiques polycycliques  
H.S.E. : Health and Safety Executive (Grande-Bretagne)  
I.A.R.C. : International Agency for Research on Cancer (voir également C.I.R.C.)  
I.N.R.S. : Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles  
I.N.S.E.R.M. : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale  
I.O.E.L.Vs S.T.EL.V : Indicative occupational exposure limit values - Short Term Exposure Limit (UE)  
I.O.E.L.Vs T.W.A. : Indicative occupational exposure limit values - Time Weighted Average (UE)  
I.P.C.S. : International Programme on Chemical Safety (Programme International pour la Sécurité des Produits Chimiques)  
I.R.I.S. : Integrated Risk Information System  
I.U.R. : Inhalation Unit Risk  
In.V.S. : Institut national de Veille Sanitaire  
I-TEQ : Equivalent toxique  
L.N.H. : lymphomes non hodgkiniens  
L.O.A.E.L. : Lowest Observed Adverse Effect Level (niveau du plus petit effet délétère observé)  
M.A.K.: Maximale Arbeitsplatz Konzentration  
M.E.Ls : Maximum exposure limits (HSE - Grande-Bretagne)  
M.R.L. : Minimal Risk Level (ATSDR – USA)  
MAKs PEAK: Concentration maximale au poste de travail – valeur de pointe (DFG – Allemagne)  
MAKs TWA: Concentration maximale au poste de travail - Time Weighted Average (DFG – Allemagne)  
N.C.I. : National Cancer Institute  
N.I.O.S.H. : National Institute for Occupational Safety and Health  
N.O.A.E.L. : No Observed Adverse Effect Level (niveau sans effet délétère observé)  
N.O.E.L. : No Observed Effect Level  
N.P.L. : National Priority list (établie par l'US-EPA des sites du Superfund)  
N.T.P. : National Toxicology Program  
O.E.Ls : Occupational exposure limits (HSE - Grande-Bretagne)  
O.E.Ss : Occupational exposure standards (HSE - Grande-Bretagne)  
O.M. : Ordures ménagères  
O.M.S. : Organisation Mondiale de la Santé  
O.R. : Odds Ratio  
O.R.P. : Odds ratio de prévalence  
O.S.H.A. : Occupational Safety and Health (Administration du département du travail des USA)  
P.C.B. : Polychlorobiphényles

P.C.D.D. : Polychlorodibenzodioxines  
P.C.D.F. : Polychlorodibenzofuranes  
P.E.Ls S.T.E.L./CEIL (C) : Permissible exposure limit - Short Term Exposure Limit Ceiling (valeur plafond) (OSHA – USA)  
P.E.Ls T.W.A. : Permissible exposure limit - Time Weighted Average (OSHA – USA)  
R.E.Ls S.T.E.L./CEIL (C) : Recommended exposure limit - Short Term Exposure Limit Ceiling (valeur plafond) (NIOSH – USA)  
R.E.Ls T.W.A. : Recommended exposure limit - Time Weighted Average (NIOSH – USA)  
R.I.V.M. : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Pays-Bas)  
R.R. : Risque relatif  
Rf.C : Reference Concentration  
Rf.D : Reference Dose  
S.T.M. : Sarcomes des tissus mous  
Sex ratio : Rapport des genres à la naissance ou rapport des sexes  
T.C.D.D. : Tetrachlorodibenzodioxine  
T.C.E. : trichloréthane  
T.D.I : Tolerable Daily Intake  
T.E.Q. : Equivalent toxique  
T.L.V - S.T.E.L./CEIL (C) : Threshold Limit Values – Short Term Exposure Limit Ceiling (valeur plafond qui ne doivent jamais être dépassées, même en valeur instantanée) (ACGIH – USA)  
T.L.V. - S.T.E.L. : Threshold Limit Values – Short Term Exposure Limit (valeurs limites d'exposition de courte durée ; concentrations moyennes pondérées sur 15 minutes, qui ne doivent être dépassées à aucun moment de la journée) (ACGIH – USA)  
T.L.V. – T.W.A. : Threshold Limit Values – Time Weighted Average (valeurs moyennes pondérées sur 8 heures par jour et 40 heures par semaine) (ACGIH – USA)  
T.L.V. : Threshold Limit Value  
T.R.I. : Toxic Chemical Release Inventory  
T.R.K. : Technische Richtkonzentrationen (Concentration technique conseillée) (BIA – Allemagne)  
U.S.-E.P.A. : United States Environmental Protection Agency  
V.L.E. : Valeur Limite d'Exposition  
V.M.E. : Valeur Limite de Moyenne d'Exposition  
V.T.R. : Valeur Toxicologique de Référence  
W.E.Ls S.T.E.L : Workplace exposure limit - Short Term Exposure Limit (HSE – GB)  
W.E.Ls T.W.A. : Workplace exposure limit - Time Weighted Average (HSE – GB)  
W.H.O. : World Health Organization

## 2 - Résumé

Lors de la première phase de l'étude RE.CO.R.D. 02-0660/1A, le Réseau Santé Déchets et POLDEN ont rassemblé dans une base dite "base CMR" les caractéristiques suivantes des 407 substances classées Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction par l'Union européenne et de 10 substances classées cancérogènes par le CIRC présentant un intérêt particulier vis-à-vis des filières de traitement des déchets : numéros d'identification des substances (numéro index, numéro CAS, numéro CE ou EINECS), synonymes chimiques, phrases de risque, propriétés physico-chimiques, valeurs limites en milieu professionnelle (VLEP), indices biologiques d'exposition (IBE) et valeurs toxicologiques de référence (VTR), méthodes d'analyse et principales utilisations industrielles.

Lors de la seconde phase de l'étude (04-0660/2A), nous avons complété la base des 81 substances ajoutées par l'UE à la liste publiée par l'INRS et effectué la recherche des caractéristiques de ces nouvelles substances. Les sources consultées sont indiquées en page suivante. Nous avons également procédé à la recherche des informations absentes de la « base CMR » et mis à jour son contenu. L'amélioration de son aspect et de son utilisation, les possibilités offertes pour son interrogation, notamment à partir des listes de substances préétablies, ont été soumises à l'appréciation des tuteurs du projet et futurs utilisateurs de la base CMR.

Pour chacune des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets, le présent document indique dans différents tableaux, les documents qui contiennent les références scientifiques qui concourent à l'élaboration des valeurs de référence (VLEP, IBE et VTR) et sont publiés par les différents organismes en France, aux USA et en Grande-Bretagne.

Suite à la recherche effectuée, il est possible de considérer que l'accès aux données scientifiques n'existe ni pour les VLEP ni pour les IBE dans le cas de la France. Pour les VLEP, le NIOSH et l'ACGIH aux USA ainsi que le HSE britannique fournissent des documents de qualité pour les différentes substances concernées. Pour les IBE, l'ACGIH et le HSE indiquent la source des données scientifiques utilisées.

La comparaison des VLEP établies par les différents organismes pour les 42 substances d'intérêt montre que les valeurs établies dans un objectif réglementaire sont en général plus élevées que celles établies par des organismes qui se fondent sur des considérations plus scientifiques.

Pour l'élaboration des VTR, tous les organismes consultés (EPA, ATSDR et OMS) fournissent des documents de grande qualité scientifique à l'appui de leur démarche.

L'exploitation en profondeur de ces nombreux documents pourrait permettre d'identifier les données scientifiques relatives aux relations dose/réponse qui ont été utilisées pour l'élaboration des valeurs de référence et les effets critiques considérés.

Mots clés : agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, évaluation du risque, substances dangereuses prioritaires, VLEP, IBE, VTR

Carcinogenic, mutagenic and toxic for reproduction substances, risk assessment, priority hazardous substances, OELs, BEIs, MRLs, RfDs, RfCs, IUR, OUR, GV

**Liste des sources consultées :**

<sup>1</sup> Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Note documentaire de l'INRS ND 2098. Février 2005 <http://www1.inrs.fr/>

<sup>1</sup> Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide Occupational Exposure Values. ACGIH 2005 CD ROM

<sup>1</sup> NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. 2004 (<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html#dload>)

<sup>1</sup> Workplace exposure limits. EH40/2005. HSE Health and Safety Executive

<sup>1</sup> BIA-Report 1/2004: Gefahrstoffliste 2004. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz. ([http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf\\_datei/re1\\_2004.pdf](http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf_datei/re1_2004.pdf))

<sup>1</sup> BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Edition INRS ED 791. Juin 2002

<sup>1</sup> IRIS, Integrated Risk Information System. US-EPA. Mise à jour 02/12/2004 <http://www.epa.gov/iris/>

<sup>1</sup> ATSDR. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances. Mise à jour 11/05/2004. <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>

<sup>1</sup> Air quality guidelines. OMS. 2000 <http://www.euro.who.int/air>

(WHO Air Quality Guidelines for Europe 2<sup>nd</sup> edition. *2nd Edition Regional Office for Europe, 2000*)



### 3 - Introduction

Lors de la première phase de l'étude RE.CO.R.D. 02-0660/1A, le Réseau Santé Déchets et POLDEN ont rassemblé dans une base dite "base CMR" les caractéristiques des substances classées Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction par l'Union européenne.

Les caractéristiques suivantes figurent dans la « base CMR » : numéros d'identification des substances (numéro index, numéro CAS, numéro CE ou EINECS), synonymes chimiques, phrases de risque, propriétés physico-chimiques, valeurs limites en milieu professionnelle (VLEP), indices biologiques d'exposition (IBE) et valeurs toxicologiques de référence (VTR), méthodes d'analyse et principales utilisations industrielles.

A la liste des 407 substances CMR figurant dans la liste principale des substances classées CMR par l'Union européenne que l'INRS a publiée, nous avons ajouté 10 substances classées cancérogènes par le CIRC qui ne figuraient pas dans la liste de l'INRS mais qui nous ont paru présenter un intérêt particulier vis-à-vis des filières de traitement des déchets.

La seconde phase de l'étude comporte plusieurs aspects :

- Une recherche des substances qui ont été ajoutées à la liste publiée par l'INRS lors de la publication de la Directive 2004/73/CE de la commission du 29 avril 2004 portant 29<sup>ème</sup> adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE du conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.
- Une recherche des caractéristiques toxicologiques des nouvelles substances identifiées.
- Une recherche des informations absentes de la « base CMR ». En effet, l'exhaustivité du contenu de la base en ce qui concerne les différentes caractéristiques est variable. Elle est quasiment atteinte pour certaines caractéristiques (numéros d'identification, phrases de risque, valeurs limites d'exposition professionnelles ou VLEP et indicateurs biologiques d'exposition ou IBE). Elle l'est moins pour d'autres caractéristiques (synonymes chimiques, propriétés physico-chimiques, VTR et méthodes d'analyse).
- Une mise à jour du contenu de la base. Les sources consultées en 2003 pour renseigner la base étaient nombreuses. Elles proviennent de divers organismes et de plusieurs pays. Certaines sources sont actualisées à périodicité fixe, annuelle le plus souvent, d'autres sources sont mises à jour au fur et à mesure que des données nouvelles sont produites.

La mise à jour relative aux VTR qui ne sont pas utilisées lors des évaluations de risque pratiquées en milieu professionnel contrairement aux VLEP ou aux IBE n'est envisagée que pour une liste limitée de substances particulièrement intéressantes dans le contexte du traitement des déchets.

Concernant l'utilisation de la base CMR, diverses modalités d'interrogation sont possibles. Quelques exemples ont été présentés aux tuteurs lors de la réunion intermédiaire du projet et ont servi de support à des requêtes spécifiques élaborées au cours de la réunion. La base a ensuite été modifiée en prenant en compte les attentes des tuteurs.

Plusieurs demandes ont été exprimées visant à améliorer l'usage de la base par les tuteurs qui ont également été prises en compte.

La demande d'intégrer à la base CMR des listes de substances préétablies pour faciliter l'interrogation a été retenue. Les diverses listes et les éléments considérés lors de leur constitution sont présentés dans le document.

Dans le but d'éclairer les membres de RE.CO.R.D. sur les références scientifiques qui concourent à l'élaboration des valeurs de référence et de guider leur choix lorsque plusieurs valeurs sont disponibles, il a été convenu que le RSD rechercherait quelles sont les données scientifiques relatives aux relations dose/réponse qui ont été utilisées par les différents organismes pour l'élaboration des valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) des 42 substances indiquées comme prioritaires lors de la première phase de l'étude RE.CO.R.D. 02-0660/1A (tableau 1).

La recherche effectuée concerne la situation française pour les 42 substances considérées puis à titre de comparaison celle des USA (ACGIH, NIOSH et OSHA) et de la Grande-Bretagne (HSE). Les informations disponibles dans ces différents pays ont été regroupées dans des tableaux.

La même démarche a été effectuée vis-à-vis des données scientifiques relatives à l'élaboration des indices biologiques d'exposition (IBE) disponibles pour les 42 substances.

Toujours dans le même but, le RSD a recherché les documents scientifiques utilisés par les organismes (US-EPA, ATSDR, OMS...) pour élaborer les valeurs toxicologiques de références (VTR) disponibles pour les 42 substances.

Afin de compléter le travail attendu, une comparaison des valeurs limites d'exposition professionnelles publiées dans les différents pays a été faite pour les 42 substances. Ces valeurs sont en effet les valeurs les plus nombreuses et les plus utilisées en milieu professionnel.

## **4 - Actualisation de la base CMR**

### **4.1 Actualisation de la liste des substances CMR**

Sur la base du texte de la Directive 2004/73/CE de la commission du 29 avril 2004 portant 29<sup>ème</sup> adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE du conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses, nous avons complété la base des 87 substances ajoutées par l'UE à la liste publiée par l'INRS qui a servi de liste de référence pour les substances introduites dans la base CMR (tableau 1).

### **4.2 Actualisation du classement CMR des substances**

En référence au même texte de l'UE, nous avons procédé à la mise à jour du classement CMR des substances présentées dans la base CMR. Vingt et une substances sont concernées par une modification de classement (tableau 2).

Parmi les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets, les modifications du classement CMR de l'UE concernent les 7 substances suivantes (tableau 3) :

- Le benzène (CAS 71-43-2) est toujours classé Cancérogène cat 1 par l'UE mais devient également Mutagène cat 2
- Le chrome (trioxyde de) (CAS 1333-82-0) reste Cancérogène cat 1 de l'UE mais devient également Mutagène cat 2, Reproduction cat 3.
- Le trichloroéthylène (CAS 79-01-6) reste Cancérogène cat 2 de l'UE mais devient également Mutagène cat 3
- Le trichlorométhane (CAS 67-66-3) reste Cancérogène cat 3 de l'UE mais n'est plus Mutagène cat 3.
- Le phtalate de bis(2-éthylhexyle) (CAS 117-81-7) reste Reproduction cat 2 de l'UE mais n'est plus Reproduction cat 3.
- La 4-chloro-ortho-toluidine (CAS 95-69-2) n'était pas classé par l'UE et devient Cancérogène cat 2, Mutagène cat 3.

- Le 1,2,3-trichloropropane (CAS 96-18-4) n'était pas classé par l'UE et devient Cancérogène cat 2.

Nous avons également vérifié le classement des 42 substances d'intérêt sur le site du Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC). Une seule substance a un classement modifié suite à cette vérification.

Le formaldéhyde (CAS 50-00-0) classé Cancérogène cat 3 par l'UE était classé Groupe IIA par le CIRC. Il devient CIRC Groupe I.

**Tableau 1 : Nouvelles substances CMR ajoutées par la 29ème ATP**

	Nom de la substance	Numéro CAS	Classement CMR
1.	[4'-(8-acétylamino-3,6-disulfonato-2-naphtylazo)-4''-(6-benzoylamino-3-sulfonato-2-naphtylazo)-biphényl-1,3',3'',1'''-tétraolato-O,O',O'',O''']cuivre(II) de trisodium	164058-22-4	C cat 2 R45
2.	Ⓢ-5-bromo-3-(1-méthyl-2-pyrrolidinyl méthyl)-1H-indole	143322-57-0	R cat 2 R62
3.	1-(4-chlorophényl)-4,4-diméthyl-3-(1,2,4-triazol-1-ylméthyl)pentan-3-ol	107534-96-3	R cat 3 R63
4.	1,1,2-trichloroéthane	79-00-5	C cat 3 R40
5.	1,1-dichloroéthylène	75-35-4	C cat 3 R40
6.	1,2-bis(2-méthoxyéthoxy)éthane TEGDME (éther méthylique du triéthylène glycol) (triglyme)	112-49-2	R cat 2 R61 et R cat 3 R62
7.	1,2-diméthoxyéthane (éther diméthylique d'éthylène glycol EGDME)	110-71-4	R cat 2 R60 et R61
8.	1,3,5-trioxanne (trioxyméthylène)	110-88-3	R cat 3 R63
9.	1,3-bis(vinylsulfonylacétamido)propane	93629-90-4	M cat 3 R68
10	1,4-dichlorobenzène ( <i>p</i> -dichlorobenzène)	106-46-7	C cat 3 R40
11	1-bromopropane (bromure de <i>n</i> -propyle)	106-94-5	R cat 2 R60 et R cat 3 R63
12	1-chloro-4-nitrobenzène ( <i>p</i> -nitrochlorobenzène)	100-00-5	C cat 3 R40 et M cat 3 R68
13	2,4,5-triméthylaniline	137-17-7	C cat 2 R45
14	2,4-diaminoanisoole (4-methoxy- <i>m</i> -phénylènediamine)	615-05-4	C cat 2 R45 et M cat 3 R68
15	2-[2-hydroxy-3-(2-chlorophényl)carbamoyl-1-naphtylazo]-7-[2-hydroxy-3-(3-méthylphényl)carbamoyl-1-naphtylazo]fluorén-9-one	pas de CAS	R cat 2 R61
16	2-chloro-1,3-butadiène (chloroprène stabilisé)	126-99-8	C cat 2 R45
17	2-nitrotoluène	88-72-2	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 3 R62
18	3-chloropropène (chlorure d'allyle)	107-05-1	C cat 3 R40 et M cat 3 R68
19	3-éthyl-2-méthyl-2-(3-méthylbutyl)-1,3-oxazolidine	143860-04-2	R cat 2 R60
20	4,4'-bis(diméthylamino)benzophénone (cétone de Michler)	90-94-8	C cat 2 R45 et M cat 3 R68
21	4,4'-oxydianiline et ses sels	101-80-4	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 3 R62
22	4,4'-thiodianiline et ses sels	139-65-1	C cat 2 R45
23	4-éthoxyaniline ( <i>p</i> -phénétidine)	156-43-4	M cat 3 R68
24	4-méthylbenzènesulfonate de (S)-oxyraneméthanol	70987-78-9	C cat 2 R45 et M cat 3 R68
25	5-(3-butyryl-2,4,6-triméthylphényl)-2-[1-(éthoxyimino)propyl]-3-hydroxycyclohex-2-én-1-one	138164-12-2 3	R cat 3 R62-6
26	5-nitro- <i>o</i> -toluidine (4-nitro-2-aminotoluène)	99-55-8	C cat 3 R40
27	6-méthoxy- <i>m</i> -toluidine ( <i>p</i> -crésidine ou 5-méthyl- <i>o</i> -anisidine)	120-71-8	C cat 2 R45
28	a,a,a,4-tétrachlorotoluène ( <i>p</i> -chlorobenzotrichloride)	5216-25-1	C cat 2 R45 et R cat 3 R62
29	Arséniate de triéthyle	15606-95-8	C cat 1 R45
30	Azafenidin	68049-83-2	R cat 2 R61 et R cat 3 R62
31	Bisphénol A (4,4'-isopropylidènediphénol)	80-05-7	R cat 3 R62
32	C.I. Violet Base 3 (chlorure de 4-[4,4'-bis(diméthylamino)benzhydridylidène]cyclohexa-2,5-dien-1-llidène]diméthylammonium)	548-62-9	C cat 3 R40
33	C.I. Violet Base 3 avec ≥ 0,1% de cétone de Michler (CE N° 202-027-5)	548-62-9	C cat 2 R45
34	Cadmium en poudre (pyrophorique)	7440-43-9	C cat 2 R45, M cat 3 R68 et R

	Nom de la substance	Numéro CAS	Classement CMR
35	Cadmium en poudre (stabilisée)	7440-43-9	cat 3 R62-63 C cat 2 R45, M cat 3 R68 et R cat 3 R62-63
36	Chlorhydrate de vert malachite C.I. Basic green 4	569-64-2	R cat 3 R63
37	Chloroturon (3-(3-chloro- <i>p</i> -tolyl)-1,1-diméthylurée)	15545-48-9	C cat 3 R40 et R cat 3 R63
38	Chlorure de 1-(1-naphtylméthyl)quinoléinium	65322-65-8	C cat 3 R40 et M cat 3 R68
39	Dichlorhydrate de dichlorure de (méthylènebis(4,1-phénylèneazo(1-(3-(diméthylamino)propyl)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-méthyl-2-oxopyridine-5,3-diy)))-1,1'-dipyridinium	pas de CAS	C cat 2 R45
40	Diesters alkyls en C7-C11 ramifiés et linéaires de l'acide 1,2-benzène dicarboxylique	68515-42-4	R cat 2 R61 et R cat 3 R62
41	Dinocap	39300-45-3	R cat 2 R61
42	Ester dipentylique (ramifié et linéaire) de l'acide 1,2-benzène-dicarboxylique	84777-06-0	R cat 2 R60-61
43	Fenpropimorph (cis-4-[3-( <i>p</i> -tert-butylphényl)-2-méthylpropyl]-2,6-diméthylmorpholine)	67564-91-4	R cat 3 R63
44	Formiate de 2-{4-(2-ammonio-propylamino)-6-[4-hydroxy-3-(5-méthyl-2-méthoxy-4-sulfamoyl-phénylazo)-2-sulfonatophényl]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-2-aminopropyle	pas de CAS	R cat 3 R62
45	Heptanoate de bromoxynile	56634-95-8	R cat 3 R63
46	Hydrochlorure de 2,4,5-triméthylaniline	21436-97-5	C cat 2 R45
47	Hydrochlorure de 4-chloro- <i>o</i> -toluidine	3165-93-3	C cat 2 R45 et M cat 3 R 68
48	Hydrochlorure de 5-nitro- <i>o</i> -toluidine	51085-52-0	C cat 3 R40
49	Isocyanate de méthyle	624-83-9	R cat 3 R63
50	Isoprène (stabilisé) 2-méthyl-1,3-butadiène	78-79-5	C cat 2 R45, M cat 3 R68
51	Mélange (2:1) de : tris(6-diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphtalène-1-sulfonate de 4-(7-hydroxy-2,4,4-triméthyl-2-chromanyl)résorcinol-4-yle	140698-96-0	C cat 3 R40
52	Mélange de l'acide 5-[(4-[(7-amino-1-hydroxy-3-sulfo-2-naphtyl)azo]-2,5diéthoxyphényl)azo]-2-[(3-phosphonophényl)azo]benzoïque	163879-69-4	R cat 3 R62
53	Mélange de produits de réaction de 4,4'-méthylènebis[2-(4-hydroxybenzyl)-3,6-diméthylphénol] et de l'acide 6-diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphtalènesulfonique (1:2)	pas de CAS	C cat 3 R40
54	Mélange de: 1,3,5-tris(3-aminométhylphényl)-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazine-2,4,6-trione	pas de CAS	C cat 2 R45 et R cat 2 R61
55	Mélange de: 4-(3-éthoxycarbonyl-4-(5-(3-éthoxycarbonyl-5-hydroxy-1-(4-sulfonatophényl)pyrazol-4-yl)penta-2,4-diénylidène)-4,5-dihydro-5-oxopyrazol-1-yl)benzènesulfonate de disodium	pas de CAS	R cat 2 R61
56	Molinat (1-perhydroazépinecarbothioate de S-éthyle)	2212-67-1	C cat 3 R40 et R cat 3 R62
57	Musc- xylène (5-tert-butyl-2,4,6-trinitro- <i>m</i> -xylène)	81-15-2	C cat 3 R40
58	N,N,N',N4-tetraméthyl-4-4'-méthylène dianiline	101-61-1	C cat 2 R45
59	N,N'-dihexadécyl-N,N'-bis(2-hydroxyéthyl)propanediamide	149591-38-8	R cat 3 R62
60	N-[2-(3-acétyl-5-nitrothiophén-2-ylazo)-5-diéthylaminophényl]acétamide	pas de CAS	R cat 3 R62
61	Naphtalène	91-20-3	C cat 3 R40
62	Nitrite d'isobutyle	542-56-3	C cat 2 R 45 et Mut cat 3 R 68
63	Nonylphénol	25154-52-3	R cat 3 R62 et R63
64	Nonylphénol ramifié	84852-15-3	R cat 3 R62 et R63
65	O,O'-(éthénylméthylsilylène)di[(4-méthylpentan-2-one)oxime]	pas de CAS	R cat 3 R62
66	Oxadiargyl (3-[2,4-dichloro-5-(2-propylnyloxy)phényl]-5-(1,1-	39807-15-3	R cat 3 R63

Nom de la substance	Numéro CAS	Classement CMR
diméthyléthyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one)		
67 Oxalate de vert malachite	18015-76-4	R cat 3 R63
68 Oxyde de bis-(2-chloroéthyle) (éther 2,2'-dichloroéthylrique) (oxyde de 2,2'-dichlorodiéthyle)	111-44-4	C cat 3 R40
69 Oxyde de diphényle, dérivé octabromé	32536-52-0	R cat 2 R61 et R cat 3 R62
70 Phénol	108-95-2	M cat 3 R68
71 Phosphate de tributyle	126-73-8	C cat 3 R 40
72 Phtalate de butyle benzyle (BBP)	85-68-7	R cat 2 R61 et R cat 3-62
73 Phtalate de diisopentyle	605-50-5	R cat 2 R60-61
74 Phtalate de di-n-pentyle	131-18-0	R cat 2 R60-61
75 Phtalate de n-pentyle et d'isopentyle	pas de CAS	R cat 2 R60-61
76 Propargite (sulfite de 2-(4- <i>tert</i> -butylphénoxy)cyclohexyle et de prop-2-ynyle	2312-35-8	C cat 3 R40
77 Pymétrozine (E)-4,5-dihydro-6-méthyl-4-(3- pyridylméthylèneamino)-1,2,4-triazin-3(2H)-one	123312-89-0	C cat 3 R40
78 Sulfate de 2,4-diaminoanisoole	39156-41-7	C cat 2 R45 et M cat 3 R68
79 Tétrahydrothiopyrane-3-carboxaldéhyde	61571-06-0	R cat 2 R61
80 Tétrakis(pentafluorophényl)borate de N,N-diméthylanilinium	118612-00-3	C cat 3 R40
81 Toluène	108-88-3	R cat 3 R63

**Tableau 2 : Substances dont le classement CMR est modifié par la 29ème ATP**

	<b>Nom de la substance</b>	<b>Numéro CAS</b>	<b>Nouveau classement CMR</b>
1.	(2RS,3SR)-3-(2-chlorophényl)-2-(4-fluorophényl)-[(1H-1,2,4-triazol-1-yl)méthyl]oxirane	133855-98-8	C cat 3 R40 et R cat 3 R62-R63
2.	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	C cat 2 R45 et R cat 2 R60
3.	4-chloro-o-toluidine	95-69-2	C cat 2 R45 et M cat 3 R 68
4.	Amitrole	61-82-5	R cat 3 R63
5.	Aniline	62-53-3	C cat 3 R40 et M cat 3 R68
6.	Bénomyl	17804-35-2	M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
7.	Benzène	71-43-2	C cat 1 R45 et M cat 2 R46
8.	Carbendazine	10605-21-7	M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
9.	Chromate de sodium	7775-11-3	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
10.	Dichromate d'ammonium	7789-9-5	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
11.	Dichromate de potassium	7778-50-9	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
12.	Dichromate de sodium	10588-01-9	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
13.	Dichromate de sodium dihydrate	7789-12-0	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
14.	Furane	110-00-9	C cat 2 R45 et M cat 3 R68
15.	Linuron	330-55-2	C cat 3 R 40, R cat 2 R61 et R cat 3 R 62
16.	Oxyde de cadmium en poudre (stabilisée)	1306-19-0	C cat 2 R45, M cat 3 R68 et R cat 3 R62-63
17.	Produits de condensation	166242-53-1	C cat 3 R 40
18.	Sels d'aniline	Pas de CAS	C cat 3 R40 et M cat 3 R68
19.	Sulfate de cadmium	10124-36-4	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
20.	Sulfure de cadmium	1306-23-6	C cat 2 R45, M cat 2 R46 et R cat 2 R60-61
21.	Trioxyde de chrome	1333-82-0	C cat 1 R45, M cat 2 R46 et R cat 3 R62



**Tableau 3 : Classement des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	Classement CMR de l'UE	Classement du CIRC
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	Cancérogène cat 1	Groupe I (arsenic et ses composés)
154	benzène	71-43-2	Cancérogène cat 1, Mutagène cat 2	Groupe I
155	benzidine	92-87-5	Cancérogène cat 1	Groupe I
218	chlorure de vinyle	75-01-4	Cancérogène cat 1	Groupe I
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	Cancérogène cat 1, Mutagène cat 2, Reproduction cat 3	Groupe I (chrome VI et ses composés)
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	Cancérogène cat 1	Groupe I
131	acrylonitrile	107-13-1	Cancérogène cat 2	Groupe II B
160	benzo(a)anthracène	56-55-3	Cancérogène cat 2	Groupe II A
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	Cancérogène cat 2, Mutagène cat 2, Reproduction cat 2	Groupe II A
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Cancérogène cat 2	Groupe II B
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	Cancérogène cat 2, Mutagène cat 2, Reproduction cat 2	Groupe I (cadmium et ses composés)
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Cancérogène cat 2	Groupe II A
277	hexachlorobenzène	118-74-1	Cancérogène cat 2	Groupe II B
279	hydrazine	302-01-2	Cancérogène cat 2	Groupe II B
397	trichloroéthylène	79-01-6	Cancérogène cat 2, Mutagène cat 3	Groupe II A
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2	Cancérogène cat 3	NC
117	acétaldéhyde	75-07-0	Cancérogène cat 3	Groupe II B
271	formaldéhyde	50-00-0	Cancérogène cat 3	Groupe I
342	pentachlorophénol	87-86-5	Cancérogène cat 3	Groupe II B
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	Cancérogène cat 3, Reproduction cat 1 et 3*	Groupe I (chrome VI et ses composés)
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	Cancérogène cat 3	Groupe II A
398	trichlorométhane	67-66-3	Cancérogène cat 3	Groupe II B
18	Dibromo 1,2-éthane	106-93-4	Cancérogène cat 2	Groupe II A
19	Dichloro 1,2-éthane	107-06-2	Cancérogène cat 2	Groupe II B
176	Bromoéthylène	593-60-2	Cancérogène cat 2	Groupe II A
338	Oxyde de propylène	75-56-9	Cancérogène cat 2, Mutagène cat 2	Groupe II B
300	monoxyde de carbone	630-08-0	Reproduction cat 1	
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	Reproduction cat 2	
26	1,3-butadiène	106-99-0	Cancérogène cat 1, Mutagène cat 2	Groupe II A
129	Acrylamide	79-06-1	Cancérogène cat 2, Mutagène cat 2, Reproduction cat 3	Groupe II A
167	Béryllium	7440-41-7	Cancérogène cat 2	Groupe I
224	Dichlorure de cobalt	7646-79-9	Cancérogène cat 2	Groupe II B (cobalt et ses composés)
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	NC	Groupe I
410	Silice cristalline	14808-60-7	NC	Groupe I

ID	Substances	N° CAS	Classement CMR de l'UE	Classement du CIRC
416	Biphényles polychlorés	1336-36-3	NC	Groupe II A
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2	Cancérogène cat 2, Mutagène cat 3	Groupe II A
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	Cancérogène cat 2	Groupe II A
413	Chlorure de benzoyle	98-88-4	NC	Groupe II A
414	Phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7	NC	Groupe II A
415	Fluorure de vinyle	75-02-5	NC	Groupe II A
417	Benzofuranne	271-89-6	NC	Groupe II B
418	Bromodichlorométhane	75-27-4	NC	Groupe II B

\* selon l'INRS, une substance exerçant des effets vis-à-vis de la fertilité d'une part, vis-à-vis du développement de l'enfant d'autre part, peut être classée dans deux catégories selon la classification des substances toxiques pour la reproduction

## **4.3 Actualisation des valeurs limites d'exposition professionnelles des substances CMR**

### **4.3.1 Introduction des valeurs limites d'exposition professionnelles de l'UE dans la base CMR.**

Sur la base de l'article 3 de la directive 98/24/CE sur les agents chimiques et de la directive 2004/37/CE sur les agents cancérigènes et mutagènes, la Commission européenne établit des limites d'exposition professionnelle et les valeurs limites biologiques.

Nous avons indiqué dans la base CMR les valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle (VLIEP) (Indicatives Occupational Exposure Limit Values ou IOELVs) adoptées au moyen de directives par la Commission, ainsi que les valeurs limites contraignantes d'exposition professionnelle (VLCEP) (Binding Occupational Exposure Limit Values ou BOELVs) adoptées dans des directives du Conseil et du Parlement européen.

Seules trois des substances figurant dans la liste des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets sont concernées par une valeur limite européenne contraignante (Benzène CAS 71-43-2, Chlorure de vinyle CAS75-01-4 et Chromate de plomb CAS 7758-97-6 pour le plomb inorganique et ses composés) et une seule par une valeur limite indicative (Chloroforme CAS 67-66-3).

### **4.3.2 Actualisation des valeurs limites d'exposition professionnelle françaises, américaines, allemandes et anglaises**

**Les VLEP françaises** indiquées dans la base CMR sont issues du document ND 2098 publié par l'INRS<sup>1</sup>. Sur le site de l'INRS, le document ND 2098 est accessible au format pdf où sont également accessibles les différentes fiches toxicologiques élaborées par l'INRS.

Un texte a modifié la situation réglementaire française depuis la présentation du précédent rapport en 2003. L'arrêté du 30 juin 2004 établissant la liste des valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives en application de l'article R. 232-5-5- du code du travail fixe les VLEP pour 63 substances.

Les VLEP du Chloroforme (trichlorométhane, numéro CAS 67-66-3, classé cancérigène de catégorie 3 par l'UE) et de la N,N-diméthylacétamide (CAS 127-19-5, classé toxique pour la reproduction de catégorie 2 par l'UE) ont été modifiées par ce texte.

---

<sup>1</sup> Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Note documentaire de l'INRS ND 2098. Février 2005 <http://www1.inrs.fr/>

Le chloroforme appartient à la liste des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets.

Les valeurs limites françaises des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets sont présentées dans le tableau 5.

Parmi les évolutions réglementaires à noter la parution du décret n° 2003-1254 du 23 décembre 2003 relatif à la prévention du risque chimique dont plusieurs articles s'appliquent aux substances CMR.

**Pour l'actualisation des VLEP américaines**, nous nous sommes référés au CD-ROM de compilation de l'ACGIH<sup>2</sup>. Plusieurs modifications des VLEP américaines ont été incluses dans la base CMR.

Les fiches des substances présentées sur le site du NIOSH permettent de vérifier les valeurs limites américaines établies par le NIOSH et l'OSHA<sup>3</sup>.

Les valeurs limites américaines des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets établies par l'ACGIH, le NIOSH et l'OSHA sont regroupées respectivement dans les tableaux 6, 7 et 8.

**Pour les VLEP britanniques** nous avons consulté le document EH40/2005 qui contient la liste des nouvelles valeurs limites (Workplace exposure limit values ou WELs) établies par les autorités britanniques dans le cadre de la réglementation des Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002<sup>4</sup>.

Les valeurs limites britanniques du HSE sont regroupées dans le tableau 9.

**Pour les VLEP allemandes**, l'actualisation des valeurs limites figurant dans la base CMR a été faite en consultant la compilation établie par l'ACGIH indiquée ci-dessus, nous avons pu vérifier certaines données dans la liste des substances dangereuses accessible sur le site du BIA<sup>5</sup>.

A l'issue de la consultation des différentes sources, nous avons indiqué plusieurs types de VLEP dans la base CMR (tableau 4). Des explications sur la signification des différentes VLEP se trouve en annexe du rapport.

---

<sup>2</sup> Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide Occupational Exposure Values. ACGIH 2005 CD ROM

<sup>3</sup> NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. 2004 (<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html#dload>)

<sup>4</sup> Workplace exposure limits. EH40/2005. HSE Health and Safety Executive

<sup>5</sup> BIA-Report 1/2004: Gefahrstoffliste 2004. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz. ([http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf\\_datei/re1\\_2004.pdf](http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf_datei/re1_2004.pdf))

**Tableau 4 : Les différentes VLEP indiquées dans la base CMR**

<b>VLEP</b>	<b>Traduction</b>
BOELVs (UE)	Binding Occupational Exposure Limit Values
IOELVs (UE)	Indicative Occupational Exposure Limit Values
MAK (DFG - Allemagne)	Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen
MAKs PEAK (DFG - Allemagne)	Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen
MAKs TWA (DFG - Allemagne)	Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen Time Weighted Average
PELs (OSHA - USA)	Permissible Exposure Limit
PELs STEL/CEIL (C) (OSHA - USA)	Permissible Exposure Limit Short Term Exposure Limit Ceiling
PELs TWA (OSHA - USA)	Permissible Exposure Limit Time Weighted Average
Recommandation CNAM (France)	
RELs (NIOSH - USA)	Recommended Exposure Limit
RELs LFC (NIOSH - USA)	Recommended Exposure Limit Lowest Feasible Concentration
RELs STEL/CEIL (C) (NIOSH - USA)	Recommended Exposure Limit Short Term Exposure Limit Ceiling
RELs TWA (NIOSH - USA)	Recommended Exposure Limit Time Weighted Average
TLVs (ACGIH - USA)	Threshold Limit Value
TLVs STEL/CEIL (C) (ACGIH - USA)	Threshold Limit Value Short Term Exposure Limit Ceiling
TLVs TWA (ACGIH - USA)	Threshold Limit Value Time Weighted Average
TRK (BIA - Allemagne)	Technische Richtkonzentration (concentration technique conseillée). BIA : institut allemand de sécurité au travail
VLE (France)	Valeur Limite d'exposition
VME (France)	Valeur Moyenne d'exposition
WELs TWA (HSE - Grande Bretagne)	Workplace Exposure Limit Time Weighted Average
WELs STEL (HSE - Grande Bretagne)	Workplace Exposure Limit Short Term Exposure Limit

**Tableau 5 : VLEP françaises pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	VME	VLE
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	0,2 mg/m3	
154	benzène	71-43-2	3,25 mg/m3	
155	benzidine	92-87-5	0,008 mg/m3	
218	chlorure de vinyle	75-01-4	2,59 mg/m3	
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	0,05 mg/m3	0,1 mg/m3
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8		
131	acrylonitrile	107-13-1	4,5 mg/m3	32,5 mg/m3
160	benzo(a)anthracène	56-55-3		
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	150 ng/m3*	
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9		
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	0,05 mg/m3	
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3		
277	hexachlorobenzène	118-74-1		
279	hydrazine	302-01-2	0,1 mg/m3	
397	trichloroéthylène	79-01-6	405 mg/m3	1080 mg/m3
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2		
117	acétaldéhyde	75-07-0	180 mg/m3	
271	formaldéhyde	50-00-0	0,5 ppm (0,63 mg/m3)	
342	pentachlorophénol	87-86-5	0,5 mg/m3	
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	0,05 mg/m3 (CrVI)	
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	335 mg/m3	
398	trichlorométhane	67-66-3	10 mg/m3	
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4		
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2	40 mg/m3	
176	bromoéthylène	593-60-2		
338	oxyde de propylène	75-56-9	50 mg/m3	
300	monoxyde de carbone	630-08-0	55 mg/m3	
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	5 mg/m3	
26	1,3-butadiène	106-99-0		
129	acrylamide	79-06-1	0,3 mg/m3	
167	béryllium	7440-41-7	0,002 mg/m3	
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9		
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6		
410	silice cristalline	14808-60-7	0,1 mg/m3	
416	biphényles polychlorés	1336-36-3		
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2		
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4		
413	chlorure de benzoyle	98-88-4		
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7		
415	fluorure de vinyle	75-02-5		
417	benzofuranne	271-89-6		
418	bromodichlorométhane	75-27-4		

\* la valeur indiquée pour le B(a)P n'est pas une VME mais une recommandation de la CNAMTS

**Tableau 6 : VLEP de l'ACGIH pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	TLV TWA	TLV STEL/CEIL	Documentation
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	0,01 mg/m3		TLVs
154	benzène	71-43-2	1,6 mg/m3	8 mg/m3	TLVs et BEIs
155	benzidine	92-87-5	LFC*		TLVs
218	chlorure de vinyle	75-01-4	2,6 mg/m3		TLVs
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	0,05 mg/m3 (composés solubles)		TLVs et BEIs
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	0,01 mg/m3 (composés insolubles)		TLVs et BEIs
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8			TLVs
131	acrylonitrile	107-13-1	4,3 mg/m3		TLVs
160	benzo(a)anthracène	56-55-3	LFC*		TLVs et HAP BEIs
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	LFC*		TLVs et HAP BEIs
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9			HAP BEIs
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	0,01 mg/m3 fraction inhalable		
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	0,002 mg/m3 fraction respirable		
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3			HAP BEIs
277	hexachlorobenzène	118-74-1	0,002 mg/m3		TLVs
279	hydrazine	302-01-2	0,013 mg/m3		TLVs
397	trichloroéthylène	79-01-6	269 mg/m3	537 mg/m3	TLVs et BEIs
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2			
117	acétaldéhyde	75-07-0		C 45 mg/m3	TLVs
271	formaldéhyde	50-00-0		C 0,37 mg/m3	TLVs
342	pentachlorophénol	87-86-5	0,5 mg/m3		TLVs
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	0,05 mg/m3 (Pb)		TLVs et BEIs
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	0,012 mg/m3 (Cr)		TLVs et BEIs
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	170 mg/m3	685 mg/m3	TLVs et BEIs
398	trichlorométhane	67-66-3	49 mg/m3		TLVs
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4			TLVs
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2	40 mg/m3		TLVs
176	bromoéthylène	593-60-2	2,2 mg/m3		TLVs
338	oxyde de propylène	75-56-9	4,8 mg/m3		TLVs
300	monoxyde de carbone	630-08-0	29 mg/m3		TLVs et BEIs
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	5 mg/m3		
26	1,3-butadiène	106-99-0	4,4 mg/m3		TLVs
129	acrylamide	79-06-1	0,03 mg/m3		TLVs
167	béryllium	7440-41-7	NIC** 0,002 mg/m3 (inhalable)	0,01 mg/m3	TLVs
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9	0,02 mg/m3		TLVs et BEIs
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6			
410	silice cristalline	14808-60-7	0,05 mg/m3		TLVs
416	biphényles polychlorés	1336-36-3			TLVs
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2			
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	60 mg/m3		TLVs
413	chlorure de benzoyle	98-88-4		C 2,8 mg/m3	TLVs

ID	Substances	N° CAS	TLV TWA	TLV STEL/CEIL	Documentation
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7			
415	fluorure de vinyle	75-02-5	1,9 mg/m3		TLVs
417	benzofuranne	271-89-6			
418	bromodichlorométhane	75-27-4			

\* LFC : l'exposition par toutes les voies doit être réduite au niveau le plus bas possible

\*\*NIC : proposition de modification



**Tableau 7 : VLEP du NIOSH pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	REL TWA	REL STEL/CEIL	Directives
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3			
154	benzène	71-43-2	0,32 mg/m3	3,2 mg/m3	49
155	benzidine	92-87-5			51 + rev
218	chlorure de vinyle	75-01-4			659
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	0,001 mg/m3		138 + HG
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	0,015 mg/m3		
131	acrylonitrile	107-13-1	1 ppm (2,15 mg/m3)	C 10 ppm (21,5 mg/m3)	14
160	benzo(a)anthracène	56-55-3			
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	0,1 mg/m3 (composés solubles dans le cyclohexane)		
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9			
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	LFC*	LFC*	87
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3			
277	hexachlorobenzène	118-74-1			
279	hydrazine	302-01-2		C 0,04 mg/m3	329
397	trichloroéthylène	79-01-6	25 ppm (134,5 mg/m3)	C 2 ppm (10,76 mg/m3) (gaz anesthésique)	629
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2			
117	acétaldéhyde	75-07-0	LFC*	LFC*	01 + rev
271	formaldéhyde	50-00-0	0,016 ppm (0,02 mg/m3)	C 0,1 ppm (0,125 mg/m3)	293
342	pentachlorophénol	87-86-5	0,5 mg/m3		484
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	0,001 mg/m3 (CrVI)		
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	LFC*	LFC*	599
398	trichlorométhane	67-66-3		9,78 mg/m3	127 + HG
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4	0,045 ppm (0,35 mg/m3)	C 0,13 ppm (7,9 mg/m3)	
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2	4 mg/m3	8 mg/m3	
176	bromoéthylène	593-60-2	LFC*	LFC*	HG
338	oxyde de propylène	75-56-9	LFC*	LFC*	538
300	monoxyde de carbone	630-08-0	40 mg/m3	C 229 mg/m3	105 + HG
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	5 mg/m3	10 mg/m3	
26	1,3-butadiène	106-99-0	LFC*	LFC*	67 + rev
129	acrylamide	79-06-1	0,03 mg/m3		12 + rev
167	béryllium	7440-41-7		C 0,0005 mg/m3	54
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9	0,05 mg/m3		
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	LFC*	LFC*	
410	silice cristalline	14808-60-7	0,05 mg/m3		553
416	biphényles polychlorés	1336-36-3			
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2			
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	60 mg/m3		631
413	chlorure de benzoyle	98-88-4			
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7			
415	fluorure de vinyle	75-02-5	1 mg/m3	C 5 mg/m3	
417	benzofuranne	271-89-6			
418	bromodichlorométhane	75-27-4			

\* LFC : concentration la plus basse possible

**Tableau 8 : VLEP de l'OSHA pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	PEL TWA	PEL STEL/CEIL	Standards	Projet 1988
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3			1910-1018	
154	benzène	71-43-2	3 mg/m3	15 mg/m3	1910-1028 Z2	
155	benzidine	92-87-5			1910-1010	
218	chlorure de vinyle	75-01-4	1 ppm (2,6 mg/m3)	5 ppm (13 mg/m3)	1910-1017	
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0		C 0,1 mg/m3		
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8				
131	acrylonitrile	107-13-1	2 ppm (4,3 mg/m3)	C 10 ppm (21,5 mg/m3)	1910-1045	
160	benzo(a)anthracène	56-55-3				
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	0,2 mg/m3		Z1	
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9				
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2			1910-1027+1926-1127 Z2	
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3				
277	hexachlorobenzène	118-74-1				
279	hydrazine	302-01-2	1,3 mg/m3		Z1	comments
397	trichloroéthylène	79-01-6	100 ppm (538 mg/m3)	C 200 ppm (1080 mg/m3)	Z2	comments
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2				
117	acétaldéhyde	75-07-0	360 mg/m3		Z1	comments
271	formaldéhyde	50-00-0	0,75 ppm (0,94 mg/m3)	2 ppm (2,5 mg/m3)	1910-1048 Z2	
342	pentachlorophénol	87-86-5	0,5 mg/m3		Z1	
356	plomb (chromate de)	7758-97-6			1910-1025 Z2	
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	100 ppm (685 mg/m3)	C 200 ppm (1370 mg/m3)	Z2	comments
398	trichlorométhane	67-66-3		C 240 mg/m3	Z1	
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4	20 ppm (156 mg/m3)	C 30 ppm (234 mg/m3)	Z2	
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2	50 ppm (400 mg/m3)	C 100 ppm (800 mg/m3)	Z2	comments
176	bromoéthylène	593-60-2				
338	oxyde de propylène	75-56-9	240 mg/m3		Z1	comments
300	monoxyde de carbone	630-08-0	55 mg/m3		Z1	comments
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	5 mg/m3			
26	1,3-butadiène	106-99-0	2,21 mg/m3	11 mg/m3	1910-1051	
129	acrylamide	79-06-1	0,3 mg/m3		Z1	comments
167	béryllium	7440-41-7	0,002 mg/m3	C 0,005 mg/m3	Z2	comments
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9	0,1 mg/m3			
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6				
410	silice cristalline	14808-60-7			Z3	comments
416	biphényles polychlorés	1336-36-3				
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2				
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	300 mg/m3		Z1	comments
413	chlorure de benzoyle	98-88-4				

ID	Substances	N° CAS	PEL TWA	PEL STEL/CEIL	Standards	Projet 1988
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7				
415	fluorure de vinyle	75-02-5				
417	benzofuranne	271-89-6				
418	bromodichlorométhane	75-27-4				

**Tableau 9 : VLEP britanniques pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	WEL long term TWA	WEL short term	MEL summaries
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	0,1 mg/m3		1993 C3
154	benzène	71-43-2	1 ppm (3,25 mg/m3)		2001 C5
155	benzidine	92-87-5			
218	chlorure de vinyle	75-01-4	3 ppm (7,77 mg/m3)		1993 C29
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	0,005 mg/m3 (CrVI)		1993 C9
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	0,1 mg/m3 (composés solubles)		1993 C23
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	0,5 mg/m3 (composés insolubles)		1993 C23
131	acrylonitrile	107-13-1	2 ppm (4,4 mg/m3)		1993 C2
160	benzo(a)anthracène	56-55-3			
161	benzo(a)pyrène	50-32-8			
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9			
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	0,025 mg/m3 (Cd)		1994 C33
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3			
277	hexachlorobenzène	118-74-1			
279	hydrazine	302-01-2	0,03 mg/m3	0,13 mg/m3	1997 C48
397	trichloroéthylène	79-01-6	550 mg/m3	820 mg/m3	1993 C28
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2			
117	acétaldéhyde	75-07-0	37 mg/m3	92 mg/m3	
271	formaldéhyde	50-00-0	2,5 mg/m3	2,5 mg/m3	<b>2002 C15</b>
342	pentachlorophénol	87-86-5			
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	0,05 mg/m3 (CrVI)		
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	345 mg/m3	689 mg/m3	
398	trichlorométhane	67-66-3	9,9 mg/m3		
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4	3,9 mg/m3		1993 C10
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2	21 mg/m3		1994 C36
176	bromoéthylène	593-60-2			
338	oxyde de propylène	75-56-9	12 mg/m3		1997 C52
300	monoxyde de carbone	630-08-0	35 mg/m3	232 mg/m3	
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	5 mg/m3	10 mg/m3	
26	1,3-butadiène	106-99-0	22 mg/m3		1993 C7
129	acrylamide	79-06-1	0,3 mg/m3		1993 C1
167	béryllium	7440-41-7	0,002 mg/m3		1994 C32
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9	0,1 mg/m3 (Co)		1994 C35
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6			
410	silice cristalline	14808-60-7	0,3 mg/m3		1993 C25
416	biphényles polychlorés	1336-36-3	0,1 mg/m3		1997 C50
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2			
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4			
413	chlorure de benzoyle	98-88-4			
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7			
415	fluorure de vinyle	75-02-5			
417	benzofuranne	271-89-6			
418	bromodichlorométhane	75-27-4			

#### **4.4 Actualisation des indicateurs biologiques des substances CMR**

**Les indicateurs biologiques utilisables en France** sont indiqués dans le document ED 791 édité par l'INRS<sup>6</sup>.

Nous n'avons noté aucune modification des IBE établis pour la France concernant les substances figurant dans la base CMR.

**Pour les indicateurs biologiques américains établis par l'ACGIH**, nous avons consulté le CD-ROM édité par l'organisme<sup>7</sup>.

L'ACGIH publie annuellement une liste des indices biologiques d'exposition adoptés par cet organisme ainsi que les indices pour lesquels des propositions de modification ont été faites au cours de l'année écoulée (2004 Notice of intended changes).

Nous n'avons noté aucune modification des IBE établis par cet organisme pour les substances figurant dans la base CMR.

**Les indicateurs biologiques d'exposition établis par le HSE britannique** (Biological monitoring guidance value ou BMGVs) sont publiés à la table 2 du document EH40/2005 du HSE<sup>8</sup>. Nous les avons indiqués dans la base CMR.

Des valeurs ont été établies par cet organisme pour le chrome et les HAP qui apparaissent dans la liste des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets

**Les différentes valeurs en vigueur en Allemagne** sont réunies dans un document de compilation établi par le BIA<sup>9</sup>. Ce sont les valeurs biologiques tolérées au poste de travail – BAT (mentionnées dans les Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS 903).

Nous avons utilisé le document de compilation de l'ACGIH déjà cité pour actualiser les IBE de l'organisme allemand indiqués dans la base CMR.

---

<sup>6</sup> BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Edition INRS ED 791. Juin 2002

<sup>7</sup> Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide Occupational Exposure Values 2005 ACGIH CD ROM

<sup>8</sup> EH40/2005. Workplace Exposure Limits. HSE.

<sup>9</sup> BIA-Report 1/2004: Gefahrstoffliste 2004. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz.  
([http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf\\_datei/re1\\_2004.pdf](http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf_datei/re1_2004.pdf))

Les différents IBE indiqués dans la base CMR sont indiqués dans le tableau 10.

**Tableau 10 : Les différents types d'IBE indiqués dans la base CMR**

<b>Type IBE</b>	<b>notes</b>
BAT (Allemagne)	Biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte (Valeurs biologiques tolérées au poste de travail)
BEI (USA - ACGIH)	Biological Exposure Index
BEI 2003 NIC (USA - ACGIH)	Biological Exposure Index Notice of intended changes
BEI 2004 NIC (USA - ACGIH)	Biological Exposure Index Notice of intended changes
BMGVs (HSE – GB)	Biological monitoring guidance value
Valeur guide utilisable en France	BIOTOX (INRS France) Guide biotoxicologique pour les médecins du travail

Nous avons indiqué dans le tableau 11, les IBE disponibles pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets.

**Tableau 11 : IBE disponibles pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	Valeur guide France	BEI ACGIH	BMGV HSE
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	10 µg/g creat urin	35 µg As/L urin	
154	benzène	71-43-2		25 µg/g creat S-Phenylmer acid urin	
154	benzène	71-43-2	5 mg/l ac muconic urin	500 µg/g creat t,t-Muconic acid urin	
155	benzidine	92-87-5			
218	chlorure de vinyle	75-01-4			
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	30 µg/g creat urin	25 µg/l Total Cr urin	10 µmol/mol créat U (Cr)
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0		10 µg/l Total Cr urin (augmentation au cours du poste de travail)	
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8			
131	acrylonitrile	107-13-1			
160	benzo(a)anthracène	56-55-3			4 µmol/mol créat U (1-OHpyrène)
161	benzo(a)pyrène	50-32-8			4 µmol/mol créat U (1-OHpyrène)
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9			4 µmol/mol créat U (1-OHpyrène)
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	5 µg/g creat urin	5 µg/g creat urin	
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	5 µg/l sang	5 µg/l sang	
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3			4 µmol/mol créat U (1-OHpyrène)
277	hexachlorobenzène	118-74-1			
279	hydrazine	302-01-2			
397	trichloroéthylène	79-01-6	100 mg/g creat TCA urin	100 mg/g creat TCA urin	
397	trichloroéthylène	79-01-6	300 mg/g creat TCA + TCE urin	300 mg/g creat TCA + TCE urin	
397	trichloroéthylène	79-01-6	4 mg/l TCE sang	4 mg/l TCE sang	
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2			
117	acétaldéhyde	75-07-0			
271	formaldéhyde	50-00-0			
342	pentachlorophénol	87-86-5	2 mg/g creat PCP tot urin	2 mg/g creat PCP tot urin	
342	pentachlorophénol	87-86-5	5 mg/l PCP sang	5 mg/l PCP sang	
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	> 20 µg/g Hb PPE sang		
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	> 15 mg/g créatinine ALA U		
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	+10 µg/g de créatinine Cr tot urin		
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	30 µg/g de créatinine Cr tot urin		
356	plomb (chromate de)	7758-97-6		30 µg/100 ml Pb sang	
356	plomb (chromate de)	7758-97-6		+ 10 µg/l Cr tot urin	
356	plomb (chromate de)	7758-97-6		25 µg/l Cr tot urin	
388	tétrachloroéthylène	127-18-4		5 ppm air exp	

ID	Substances	N° CAS	Valeur guide France	BEI ACGIH	BMGV HSE
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	1 mg/l sang	0,5 mg/l sang	
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	7 mg/l TCA urin	3,5 mg/l TCA urin	
398	trichlorométhane	67-66-3			
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4			
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2			
176	bromoéthylène	593-60-2			
338	oxyde de propylène	75-56-9			
300	monoxyde de carbone	630-08-0	< 8% carboxyhem sang	3,5% carboxyhem sang	
300	monoxyde de carbone	630-08-0		20 ppm air exp	
300	monoxyde de carbone	630-08-0	1,5 ml/100 ml CO sang		
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7			
26	1,3-butadiène	106-99-0			
129	acrylamide	79-06-1			
167	béryllium	7440-41-7			
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9	15 µg/l cobalt urin	15 µg/l cobalt urin	
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9	1 µg/l cobalt sang	1 µg/l cobalt sang	
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6			
410	silice cristalline	14808-60-7			
416	biphényles polychlorés	1336-36-3			
41	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2			
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4			
413	chlorure de benzoyle	98-88-4			
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7			
415	fluorure de vinyle	75-02-5			
417	benzofuranne	271-89-6			
418	bromodichlorométhane	75-27-4			



## 5 – Possibilités d'interrogation de la base CMR

Lors de la réunion intermédiaire du projet, diverses modalités d'interrogation de la base CMR ont été évoquées. Quelques exemples ont été présentés lors de la réunion et ont servi de support à des requêtes spécifiques élaborées au cours de la réunion.

La faisabilité et la pertinence de chacune des demandes prises en compte lors de la réunion ont fait l'objet d'une analyse ultérieure, en concertation avec RE.CO.R.D. dont nous livrons ci-dessous les principaux éléments.

**Plusieurs demandes ne posent pas de problème afin d'être satisfaites. Elles apporteront une amélioration notable du confort d'utilisation de la base.**

➤ *Amélioration de la lisibilité des différentes zones de l'écran (augmentation des contrastes et emploi de jeux de couleurs).*

➤ *Sur chaque page éditée, le sujet de la requête, le nom et la version de la base CMR, ainsi que la date d'impression de la fiche seront indiquées. Une version de référence sécurisée de la base CMR et une version libre seront diffusées aux tuteurs. Seul le contenu de la version sécurisée pourra faire l'objet d'une mise à jour ultérieure.*

➤ *Conservation des sources bibliographiques sur les documents imprimés (pour alléger les documents, seuls les codes des références apparaîtront à cet endroit).*

➤ *La possibilité d'imprimer la liste des documents consultés et des sources bibliographiques indépendamment des autres données.*

➤ *La recherche des informations doit pouvoir se faire par le nom de la substance ou ses synonymes chimiques ou commerciaux (dans la limite des dénominations enregistrées dans la base), ainsi que par son numéro CAS. Avec le logiciel Access, la typographie (majuscules, espaces, virgules, tirets...) des noms enregistrés doit être respectée pour que la recherche aboutisse.*

➤ *Par rapport à la version de démonstration, un accès plus facile aux sources informatiques d'où sont issues les différentes caractéristiques présentes dans la base CMR est demandé, en particulier en incluant des liaisons Internet avec les références bibliographiques. Les liens Internet sont fonctionnels à la date de livraison de la version finale de la base.*

**Certaines demandes nécessitent des adaptations de la base qui seront possibles à mettre en place à condition de limiter le nombre de critères de sélection ou de choix des interrogations :**

➤ *La demande initiale était de regrouper certaines substances par famille (HAP, BTEX, pesticides, phytosanitaires, minéraux, solvants, solvants chlorés...). Une édition papier de la liste des substance de la famille est possible.*

Certains regroupements de substances par familles correspondent à une définition scientifique ou réglementaire qui permet d'établir une liste précise et finie des substances considérées (HAP, BTEX par exemple). L'indication dans la base CMR pour les différentes substances, de leur appartenance à chacune de ces familles est possible. Une interrogation de la base à partir du nom générique de la famille permettra d'identifier toutes les substances de la base qui appartiennent à la famille (dénomination de la substance et numéro CAS), puis d'accéder individuellement aux informations concernant chaque substance.

Au-delà de cette simple interrogation, il paraît peu envisageable ensuite d'élaborer des interrogations multicritères pour toutes les substances de la famille en raison du lourd travail d'élaboration que cela représente.

L'appartenance d'une substance à une ou plusieurs familles apparaît sur sa fiche de synthèse.

D'autres regroupements de substances sont envisageables sur la base d'un choix particulier à l'un ou l'autre des consultants de la base ("minéraux", "solvants", "solvants chlorés", "phytosanitaires", "COV"...). La fourniture d'une liste particulière de substances par le demandeur permettra, comme pour les listes de référence scientifique ou réglementaire, de signaler pour chacune des substances leur appartenance à cette liste particulière.

**D'autres demandes posent des problèmes pour être satisfaites en raison d'une expertise complémentaire et/ou d'une consommation du temps de travail alloué au projet d'une importance telle que leur satisfaction ne nous paraît pas possible dans le cadre de cette étude.**

➤ *Une consultation par voie de contamination est demandée. Cette possibilité est envisageable mais nécessite un travail d'expertise des informations. Elle sera concrétisée dans la mesure du possible. Il sera alors nécessaire de définir quelles informations devront apparaître dans la requête (par exemple : voie de contamination, nom et n°CAS des substances concernées, VLEP / VTR / IBE...).*

Les valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) sont établies de façon assez générale sur la base d'une exposition des travailleurs par la voie de contamination de l'atmosphère de travail qu'ils sont amenés à respirer. La métrologie indiquée est un prélèvement atmosphérique de la substance.

Pour quelques substances, pour lesquelles la voie de contamination par le contact cutané est à prendre en compte, une indication est fournie par l'organisme qui a établi la VLEP (la mention « danger d'absorption cutanée » figure alors dans les commentaires présentés dans la base CMR).

Les indicateurs biologiques d'exposition (IBE) utilisables dans le cadre des expositions professionnelles concernent un très petit nombre de substances. Comme pour les VLEP, ils reflètent principalement l'exposition des travailleurs par la voie respiratoire du fait de la contamination de leur atmosphère de travail. Si une pénétration du toxique est possible par la voie cutanée, voire par ingestion, elle est prise en compte

par l'indicateur biologique d'exposition qui fournit une information globale sur l'exposition du sujet (exposition cumulée par les voies respiratoire, orale et cutanée).

Le cas des valeurs toxicologiques de référence (VTR) est un peu particulier puisque par nature ces valeurs sont établies par référence à une voie de pénétration du toxique dans l'organisme. Le document source de la VTR comporte ainsi une indication de la voie d'exposition pour laquelle elle a été établie. La base CMR fournit cette indication pour chacune des VTR qu'elle présente.

Au total, pour les VLEP et IBE, il est possible de retenir que sauf mention explicite, la voie de contamination considérée est la voie respiratoire. Pour les VTR, la voie de contamination considérée est fournie avec la valeur.

Une analyse plus détaillée substance par substance pourrait être envisagée pour expliciter leurs modalités spécifiques d'exposition, mais les résultats de ce travail d'expertise toxicologique (ou expologique) trouveraient difficilement leur place dans la base CMR.

D'autre part, compte tenu du format de la base, une interrogation de la base par voie de contamination pour les VLEP, IBE et VTR représenterait une complexité technique trop importante pour qu'elle puisse être envisagée dans le cadre du projet en cours.

En tout état de cause, tout consultant accédera facilement, substance par substance, aux différents indicateurs disponibles dans la base CMR pour les substances qui l'intéressent et pourra vérifier les indications spécifiques éventuellement présentes quant aux voies de contamination pour la substance considérée.

➤ *Possibilité d'imprimer, pour chaque substance, une fiche qui regroupe l'ensemble des informations la concernant, les valeurs limites des différents organismes étant regroupées dans un tableau de synthèse.*

Les contraintes des bases de données Access font que cette demande nécessiterait l'élaboration d'un format d'édition qui prenne en compte la grande variabilité du nombre des données présentes dans chacune des rubriques de la base pour chacune de 417 substances. Ce travail est trop lourd pour pouvoir être effectué dans le cadre du projet actuel.

Les informations concernées, substance par substance, sont facilement accessibles dans la base CMR pour toute personne intéressée.

**Certaines demandes enfin ne peuvent pas être satisfaites en raison de la qualité même des données présentes dans la base CMR.**

➤ *Une consultation par valeurs de tension de vapeur est demandée. Elle pourra éventuellement être concrétisée sous réserve que les tuteurs industriels de l'étude fournissent à POLDEN des classes de tensions de vapeur permettant de discriminer systématiquement les substances entre elles.*

L'examen de la base montre que les données incluses à la rubrique "Données physico chimiques" ne permettent pas une exploitation de bonne qualité scientifique. En effet, les données de tension de vapeur ne sont présentes que pour quelques substances. Lorsqu'elles sont présentes les données peuvent provenir

d'une multiplicité de sources, parfois hétérogènes. Les unités utilisées sont elles-mêmes très variables. Seule une référence scientifique largement admise nous permettrait d'établir une extraction de la base CMR selon le critère tension de vapeur.

Dans ces conditions, il ne nous apparaît pas possible de fournir avec la base, la possibilité d'un classement des substances à partir de leur tension de vapeur.

En tout état de cause, tout consultant de la base CMR pourra accéder sans difficulté aux valeurs de tension de vapeur présentées dans la base CMR pour les différentes substances qui présentent un intérêt pour lui ainsi que la (les) référence(s) d'origine.

## 6 - Etablissement de listes préétablies de molécules CMR

A la demande des tuteurs industriels de l'étude, le regroupement de molécules suivant des listes préétablies a été réalisé.

Les listes ainsi constituées ont plusieurs origines :

- ✓ fournies par les tuteurs industriels de l'étude,
- ✓ issues de textes officiels.
- ✓ résultat du recensement des molécules de la base présentant des caractéristiques communes (HAP, composés organohalogénés, fibres minérales, composés minéraux, composés organométalliques).

Ces listes (ou familles) sont identifiées par leur origine.

Les textes officiels de référence sélectionnés lors de la réunion du 10 janvier 2005 sont les suivants :

✓ le règlement (CE) n°1179/94 de la Commission du 25 mai 1994, concernant la première liste de substances prioritaires, conformément au règlement (CEE) n°793/93 du Conseil

✓ la décision n°2455/2001/CE de du Parlement Européen et du Conseil du 20 novembre 2001, établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre politique communautaire dans le domaine de l'eau.

✓ la circulaire MATE du 4 février 2002 relative à l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées (texte non paru au JO). Ce texte reprend le précédent, les listes de substances sont donc identiques. Pour faciliter l'accès à cette information, les deux listes ont toutefois été établies.

Dans la base CMR on trouvera, pour les différentes substances concernées, l'indication de leur appartenance à une ou plusieurs familles.

Une interrogation de la base à partir du nom générique de la famille permettra d'identifier la liste des substances présentes dans la base qui appartiennent à la famille (dénomination de la substance et numéro CAS), et d'imprimer cette liste.

Cette démarche pose toutefois quelques problèmes :

- Les listes des industriels ne sont pas toutes exhaustives. Nous avons donc parfois rajouté quelques substances qui s'imposaient, sans toutefois garantir l'exhaustivité. Par exemple, pour la liste "pesticides chlorés", nous avons rajouté des composée chlorés utilisés comme pesticides. Cependant, les utilisations industrielles de certaines molécules de la base n'étant pas renseignées, une liste complète des molécules CMR à la fois chlorées et utilisées comme pesticides, n'est actuellement pas possible à établir.

- Les listes des industriels comme celles des textes officiels, comportent parfois des indications de familles de substances, sans plus de précision, qui ne correspondent pas à un numéro CAS précis (ni même à une liste fermée de substances). Dans de tels cas, la base ne permet pas de répondre à la question "*cette substance présente t'elle un risque CMR et lequel ?*". C'est le cas, par exemple, des "chlorophénols" de la famille des "Composés Phénoliques" ou des "diphényléthers bromés" des listes officielles. Dans ce cas, nous avons ajouté les substances présentes dans la base et correspondant à ces dénominations.
- Certaines listes officielles proposent le dosage de molécules "traceurs" ou "indicateurs" de familles de polluants prioritaires en mentionnant "sans exclusion des autres substances". Dans ces conditions, il est difficile de faire une correspondance avec les substances reconnues CMR. Dans la mesure du possible, des molécules précises ont été identifiées et rajoutées.
- Les listes issues des textes officiels sont à jour à la date de dernière mise à jour de la base, alors que ces listes sont révisées régulièrement.

Note: les synonymes et formules chimiques des 82 substances dernièrement intégrées à la base n'ont pas été renseignées, leur insertion dans les listes préétablies s'est donc faite uniquement sur leur dénomination usuelle lorsqu'elle était explicite.

Les listes préétablies sont les suivantes :

## 6.1 Famille "Composés Aromatiques Polycycliques"

La famille des composés aromatiques polycycliques qui nous a été fournie comportait les seize HAP suivants :

naphtalène	acénaphthylène	acénaphène	fluorène
phénantrène	anthracène	fluoranthène	pyrène
chrysène	benzo(a)anthracène	benzo(a)pyrène	benzo(b)fluoranthène
benzo(k)fluoranthène	dibenzo(a,h)anthracène,	indéno(1,2,3,cd)pyrène	benzo(g,h,i)pérylène

Dans cette liste, l'acénaphthylène, l'acénaphène, le fluorène, le phénantrène, l'anthracène, le fluoranthène, le pyrène, l'indéno(1,2,3,cd)pyrène, et le benzo(g,h,i)pérylène ne sont pas reconnus comme CMR.

A cette liste, nous avons ajouté les autres HAP présents dans la base : le 2-nitronaphtalène (581-89-5), le 5-nitroacénaphène (602-87-9), le benzo(e)pyrène (192-97-2), et le benzo(j)fluoranthène (205-82-3).



La liste des "Composés Phénoliques" reconnus CMR devient donc la suivante :

n°CAS	Famille "Composés Phénoliques"
108-92-2	phénol
88-06-2	2,4,6-trichlorophénol
87-86-5	pentachlorophénol
- -	pentachlorophénol (sels alcalins de)
7778-73-6	pentachlorophénolate de potassium
131-52-2	pentachlorophénolate de sodium
25154-52-3	nonylphénol
84852-15-3	nonylphénol ramifié
80-05-7	bisphénol A

#### **6.4 Familles "PCB congénères" (liste courte) et "PCB congénères" (liste longue)**

La famille "PCB congénères liste courte" comprend, les six congénères suivants : 28, 52, 101, 138, 153 et 180. La famille "PCB congénères liste longue" comprend, en plus des six congénères de la liste courte, les cinq congénères suivants : 118, 194, 77, 126 et 169.

Aucun de ces mélanges n'est identifié en tant que tel comme CMR. La base ne présentera donc pas de liste de PCB congénères reconnus CMR.

#### **6.5 Famille "PCB arochlor"**

La liste qui nous a été fournie comportait les trois arochlor suivants : 1242, 1254 et 1260. Aucun de ces mélanges n'est identifié en tant que tel comme CMR. La base ne présentera donc pas de liste d'arochlor reconnus CMR.

Pour l'ensemble des PCB (arochlor et congénères), nous suggérons de retenir la seule information qui soit disponible dans la base :

n°CAS	Famille "PCB"
1336-36-3	biphényl polychlorés

#### **6.6 Famille "Autres Composés Halogénés"**

La liste des "Autres Composés Halogénés" qui nous a été fournie comprend onze molécules :

dichlorométhane	chloroforme	tétrachlorure de carbone	1,2 dichloroéthane
1,1,1 trichloréthane	1,1,2 trichloréthane,	1,1,2,2 tétrachloréthane	1,1 dichloréthylène
1,2 dichloréthylène	trichloréthylène	tétrachloréthylène.	



Trois d'entre elles ne sont pas CMR (1,1,1 trichloréthane, 1,1,2,2 tétrachloréthane et 1,2 dichloréthylène). Dans la base CMR, le chloroforme est enregistré sous sa dénomination usuelle "trichlorométhane".

La liste des "Autres Composés Halogénés" reconnus CMR devient donc :

n°CAS	Famille "Autres composés Halogénés"
75-09-2	dichlorométhane
67-66-3	trichlorométhane
56-23-5	tétrachlorure de carbone
107-06-2	1,2 dichloroéthane
79-01-6	trichloréthylène
127-18-4	tétrachloréthylène
79-00-5	1,1,2 trichloroéthane
75-35-4	1,1 dichloréthylène

## 6.7 Famille "Pesticides Chlorés"

La liste des "Pesticides Chlorés" qui nous a été fournie par comportait six molécules :

DDT      lindane      chlordane      dieldrine      aldrine      heptachlore

Seul le lindane n'est pas CMR, mais les autres isomères du HCH étant CMR, ils ont été retenus dans cette liste. Nous avons rajouté à cette liste le chlordécone qui est un pesticide chloré et qui est présent dans la base.

La liste des "Pesticides Chlorés SITA" reconnus CMR est donc la suivante :

n°CAS	Famille "Pesticides Chlorés"
50-29-3	DDT
57-74-9	chlordane
60-57-1	dieldrine
309-00-2	aldrine
76-44-8	heptachlor
143-50-0	chlordécone
- -	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexanes à l'exception du lindane (gamma-HCH)

## 6.8 Famille "Pesticides Azotés"

La liste des "Pesticides Azotés" qui nous a été fournie comportait quatre molécules et une "famille" : la famille des triazines, la simazine, l'atrazine, la carbendazine, et la métribuzine. Trois de ces molécules sont reconnues CMR, et une triazine a été identifiée dans la base (pymétrozine). Une incertitude reste pour la métribuzine pour laquelle, en l'absence de numéro CAS, aucune information n'a pu être trouvée.

Deux autres substances azotées présentes dans la base et utilisées comme pesticides ont été ajoutées : le dinocarp et le molinate.

La liste des "Pesticides Azotés" reconnus CMR devient donc la suivante :

n°CAS	Famille "Pesticides Azotés"
122-34-9	simazine
1912-24-9	atrazine
10605-21-7	carbendazine
123312-89-0	pymétrozone
39300-45-3	dinocarp
2112-67-1	molineate

### **6.9 Famille "Pesticides Phosphorés"**

La liste des "Pesticides Phosphorés" qui nous a été fournie comportait deux molécules : parathion et malathion. Aucune de ces deux molécules n'est CMR, la base ne présentera donc pas de liste de pesticides phosphorés reconnus CMR.

### **6.10 Famille "Carbamates"**

La liste des "Carbamates" qui nous a été fournie comportait cinq molécules : aldicarbe, carbofuran, oxamyl, carbaryl, et methiocarbe. Une seule de ces molécules est CMR.

La liste des "Carbamates " reconnus CMR devient donc la suivante :

n°CAS	Famille "Carbamates"
63-25-2	carbaryl

### **6.11 Famille "Pyréthroïdes"**

Cette liste comportait trois molécules : deltaméthrine, perméthrine et cyperméthrine. Aucune d'entre elles n'est reconnue CMR.

Il n'y a donc pas de famille "Pyréthroïdes" dans la base.

### **6.12 Famille "Polluants Organiques Persistants" (POP's)**

Note : cette famille regroupe des substances diverses ayant en commun la propriété comportementale de persistance dans l'environnement. La plupart des molécules sont aussi présentes dans d'autres listes (principalement dans la liste des pesticides chlorés)..

La liste des "Polluants Organiques Persistants" qui nous a été fournie comporte les trente deux composés suivants :

aldrine	dieldrine	$\alpha$ -endosulfan (endosulfan I)
chlordane	endrine	$\beta$ -endosulfan (endosulfan II)
o,p'-DDD	endrine aldéhyde	endosulfan sulfate
p,p'-DDD	endrine cétone	cis – heptachloroépoxyde
o,p'-DDE	heptachlor	trans – heptachloroépoxyde
p,p'-DDE	$\alpha$ -Hexachlorocyclohexane ( $\alpha$ -HCH)	méthoxychlore
o,p'-DDT	$\beta$ -HCH	hexachlorobenzène (HCB)
mirex	$\gamma$ -HCH	hexachlorobutadiène
toxaphène	$\delta$ -HCH	hexabromobiphényles
p,p'-DDT	(1-1-1.trichloro- 2,2 bis (4-chlorophényl) éthane)	

polychlorodibenzo-dioxines dibenzofurannes (PCDD / PCDF)

Une partie seulement de ces composés sont reconnus comme CMR.

Les isomères du DDD, DDE et DDT, de l'endosulfan, les formes de l'endrine, l'hexabromobiphényle, l'hexachlorobutadiène, l'isomère  $\gamma$  de l'hexachlorocyclohexane, le méthoxychlore ainsi que les polychlorodibenzo-dioxines et dibenzofurannes (PCDD / PCDF) ne sont pas considérés comme CMR.

Les deux isomères : cis- et trans-heptachloroépoxyde existent dans la base CMR sous le même numéro CAS.

"Mirex" est un nom commercial utilisé pour le dodécachloropentacyclo [5.2.1.02,6.03,9.05,8] décane.

Nous avons remplacé cette liste par celle, plus officielle, du Règlement (CE) n°850/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les polluants organiques persistants (POPs) et modifiant la directive 79/117/CEE. Par rapport à la liste de substances qui nous a été fournie, cette liste réglementaire ne comprend pas les deux isomères cis- et trans-heptachloroépoxyde, mais comprend en plus le benzo(a)pyrène, le benzo(e)acephénanthrylène, le benzo(k)fluoranthène, et la famille des PCB.

La liste des "POP's 850-2004" reconnus CMR est donc la suivante :

n°CAS	Famille "POPs 850-2004 CE"
- - 1746-01-6	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexanes à l'exception du lindane (gamma-HCH) 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxine
309-00-2	aldrine
57-74-9	chlordane
143-50-0	chlordécone
50-32-8	benzo(a)pyrène
205-99-2	benzo(e)acephénanthrylène
207-08-9	benzo(k)fluoranthène
1336-36-3	biphényles polychlorés (PCB)
50-29-3	p,p' - DDT (1-1-1.trichloro - 2,2 bis (4-chlorophényl) éthane)
60-57-1	dieldrine
76-44-8	heptachlor
2385-85-5	dodécachloropentacyclo[5.2.1.02,6.03,9.05,8]décane
8001-35-2	toxaphène

### 6.13 Famille "Règlement CE n°1179/94 du 25 mai 1994"

Cette famille a été établie à partir du Règlement (CE) n°1179/94 de la Commission du 25 mai 1994, concernant la première liste de substances prioritaires, conformément au règlement (CEE) n°793/93 du Conseil. Cette première liste de substances prioritaires comprend les molécules suivantes :

acide édétitique	aniline	éthylènediaminetétraacétate de tétrasodium	
benzène	acétonitrile	trichloroéthylène	acrylamide
acide acrylique	acétate de méthyle	acide métacrylique	naphtalène
métacrylate de méthyle	phtalate de dibutyle	3,4-dichloraniline	cumène
éthylbenzène	4-méthyl-m-phénylènediamine	buta-1,3-diène	acrylonitrile
acrylate de 2-éthylhexyle	4,4'-méthylènedianiline	styrène	phénol
acryaldéhyde	but-2-yne-1,4-diol	oxyde de diphényle, dérivé octabromé	
acétate de vinyle	acétate de 2-méthoxyéthyle	cyclohexane	
4-chloro-o-crésol	1,4-dichlorobenzène	2-(2-méthoxyéthoxy)éthanol	
2-(2-butoxyéthoxy)éthanol	tétrachloroéthylène	chloroalcane en C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub>	
phtalate de dioctyle	chlorure de diméthylodioctadécylammonium		
acétoacétate d'éthyle	fluorure d'hydrogène	oxyde de bis(pentabromobiphényle)	
dérivés alkylés du benzène en C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub>	distillats de goudron de houille		

Dans cette liste, l'acide édétique, l'éthylènediaminetétraacétate de tétrasodium, l'acétonitrile, l'acide acrylique, l'acétate de méthyle, l'acide métacrylique, le métacrylate de méthyle, la 3,4-dichloraniline, le cumène, l'éthylbenzène, le styrène, le 4,4'-méthylènedianiline, l'acrylate de 2-éthylhexyle, l'acryaldéhyde, le chlorure de diméthylodioctadécylammonium, l'acétate de vinyle, le but-2-yne-1,4-diol, le cyclohexane, le phtalate de dioctyle, l'acétoacétate d'éthyle, l'oxyde de bis(pentabromobiphényle), le 4-chloro-o-crésol, le fluorure d'hydrogène, les distillats de goudron de houille, les dérivés alkylés du benzène en C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub>, le buta-1,3-diène et le 2-(2-butoxyéthoxy)éthanol ne sont pas reconnus CMR.

La liste des substances "Règlement CE n°1179/94" reconnues CMR devient donc la suivante :

n°CAS	Règlement CE n°1179/94
62-53-3	aniline
71-43-2	benzène
79-01-6	trichloroéthylène
79-06-1	acrylamide
84-74-2	phtalate de dibutyle
95-80-7	4-méthyl-m-phénylènediamine
107-13-1	acrylonitrile
110-49-6	acétate de 2-méthoxyéthyle
111-77-3	2-(2-méthoxyéthoxy)éthanol
127-18-4	tétrachloroéthylène
91-20-3	naphthalène
106-46-7	1,4-dichlorobenzène
108-95-2	phénol
32536-52-0	oxyde de diphényl, dérivé octabromé
85535-84-8	chloroalcanes en C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub>

### **6.14 Famille " Décision n°2455/2001/CE "**

Cette famille a été établie à partir de la décision n°2455/2001/CE du Parlement Européen et du Conseil du 20 novembre 2001, établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE.

Cette liste comporte les substances et familles de substances suivantes :

alachlore	anthracène	atrazine
benzène	chloroalcanes C10-C13	diuron
chlorfenvinphos	chlorpyrifos	endosulfan
1,2-dichloroéthane	dichlorométhane	alpha-endosulfan
hexachlorobenzène	hexachlorobutadiène	isoproturon
naphthalène	pentachlorobenzène	pentachlorophénol
simazine	di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	trifluraline
trichlorobenzène	trichlorométhane (chloroforme)	1,2,4-trichlorobenzène

cadmium et ses composés	nickel et ses composés	plomb et ses composés
mercure et ses composés	composés du tributylétain : tributylétin-cation	
diphényléthers bromés : pentabromodiphényléther		
hexachlorocyclohexane : gamma-isomère, lindane		
nonylphénols : 4-(para)-nonylphénol octylphénols : para-tert-octylphénol		
HAP : benzo(a)pyrène	indeno(1,2,3-cd)pyrène	benzo(g,h,i)perylène
benzo(k)fluoranthène	fluoranthène	benzo(b)fluoranthène

On notera que dans cette liste, le benzo(b)fluoranthène et le di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP) correspondent respectivement à la dénomination usuelle benzo(e)acephénanthrylène et phtalate de bis(2-éthylhexyle) dans la base CMR.

Dans cette liste; certaines substances sont explicitement indiquées être citées comme "traceur" analytiques de la famille, *sans exclusion des autres substances*. D'autres familles sont indiquées avec la note "*nombreux composés dans ce groupe - pas plus de précision à cette date*". Dans ces deux cas, nous avons recherché dans la base CMR les substances correspondant à ces familles et nous les avons ajoutées à la liste. En revanche, si aucune substances CMR n'a été trouvée dans la base, la famille n'a pas été retenue dans la liste (par exemple : les diphényléthers bromés, le mercure est ses composés). D'autre part, certaines des substances de cette liste ne sont pas classées CMR : anthracène, pentabromodiphényléther, chlorfenvinphos, chlorpyrifos, endosulfan, hexachlorobenzène hexachlorobutadiène, lindane, 4-(para)-nonylphénol, octylphénols (para-tert-octylphénol), pentachlorobenzène, benzo(g,h,i)perylène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, fluoranthène), le mercure est ses composés et les trichlorobenzènes (1,2,4-trichlorobenzène).

Les isomères  $\alpha$  et  $\beta$  du HCH ont été ajoutés.

La liste des substances "Décision n°2455/2001/CE " reconnues CMR devient donc la suivante :

n°CAS	Famille "Décision n°2455/2001/CE"	notes	dénomination usuelle
15972-60-8	alachlore		
1912-24-9	atrazine		
71-43-2	benzène		
	<b>nonylphénols</b>		
25154-52-3	nonylphénol		
84852-15-3	nonylphénol ramifié		
	<b>cadmium et ses composés :</b>		
7440-43-9	cadmium en poudre	ajouté	
1306-19-0	oxyde de cadmium	ajouté	
85535-84-8	C10-13-chloroalcanes	nombreux composés - pas plus de précision à cette date	
107-06-2	dichloroéthane		
75-09-2	dichlorométhane		
117-81-7	di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)		phtalate de bis(2-éthylhexyle)
330-54-1	diuron		
118-74-1	hexachlorobenzène		
34123-59-6	isoproturon		
7439-92-1	<b>plomb et ses composés :</b>		
15245-44-0	plomb (2,4,6-trinitrorésorcinate de)	ajouté	
1335-32-6	plomb (acétate basique de)	ajouté	
7446-27-7	plomb (bis(orthophosphate) de tri-)	ajouté	
7758-97-6	plomb (chromate de)	ajouté	
- -	plomb (dérivés alkylés du)	ajouté	
301-04-2	plomb (di(acétate) de)	ajouté	
13424-46-9	plomb (diazoture de)	ajouté	
25808-74-6	plomb (hexafluorosilicate de)	ajouté	
7784-40-9	plomb (hydrogéoarsenate de)	ajouté	
1344-37-2	plomb (jaune de sulfochromate de) CI 77603	ajouté	
17570-76-2	plomb (méthanesulfonate de)	ajouté	
12656-85-8	plomb (rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de)	ajouté	
7440-02-0	<b>nickel et ses composés :</b>		
7440-02-0	nickel	ajouté	
3333-67-3	nickel (carbonate de)	ajouté	
12054-48-7	nickel (dihydroxyde de)	ajouté	
12035-36-8	nickel (dioxyde de)	ajouté	
12035-72-2	nickel (disulfure de tri-)	ajouté	
1313-99-1	nickel (monoxyde de)	ajouté	
7786-81-4	nickel (sulfate de)	ajouté	
16812-54-7	nickel (sulfure de)	ajouté	
1314-06-3	nickel (trioxyde de di-)	ajouté	
87-86-5	pentachlorophénol		
	<b>hydrocarbures aromatiques polycycliques :</b>		
91-20-3	naphtalène	traceurs du groupe, sans exclusion des autres substances	
50-32-8	benzo(a)pyrène		
205-99-2	benzo(b)fluoranthène		benzo(e)acephénanthrylène
207-08-9	benzo(k)fluoranthène		
122-34-9	simazine		
688-73-3	<b>composés du tributylétain :</b>		
900-95-8	fentine-acétate	ajouté	
76-87-9	fentine-hydroxyde	ajouté	
67-66-3	trichlorométhane (chloroforme)		

### **6.15 Famille "Circulaire MATE du 4 février 2002"**

La circulaire MATE du 4 février 2002 relative à l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées (texte non paru au JO) établit une liste de substances dangereuses. **Cette liste est en tout points identique à celle de la décision n°2455/2001/CE du Parlement Européen et du Conseil du 20 novembre 2001**, établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE. Pour faciliter les recherches, cette liste commune sera présente dans la base sous les deux dénominations.

### **6.16 Famille "HAP"**

A partir de la liste des substances CMR de la base, nous avons extrait les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

La liste des HAP reconnus CMR est la suivante :

<b>n°CAS</b>	<b>Famille "HAP"</b>	<b>Dénomination usuelle</b>
218-01-9	chrysène	
56-55-3	benzo(a)anthracène	
50-32-8	benzo(a)pyrène	
192-97-2	benzo(e)pyrène	
205-99-2	benzo(b)fluoranthène	benzo(e)acephénanthrylène
207-08-9	benzo(k)fluoranthène	
53-70-3	dibenzo(a,h)anthracène	
581-89-5	2-nitronaphtalène	
602-87-9	5-nitroacénaphène	
205-82-3	benzo(j)fluoranthène	
91-20-3	naphtalène	

### **6.17 Famille "Composés organohalogénés"**

Dans la base CMR, on trouve 96 substances organiques chlorées, 20 bromées, 2 iodées, et 14 fluorées, ce qui fait un total de 127 substances organiques halogénées (cinq d'entre elles possèdent deux types d'halogènes).



### 6.17.1 Sous famille des "Composés Organochlorés" :

n°CAS	Famille "Composés organochlorés"
- -	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexanes à l'exception du lindane (gamma-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane)
- -	2,2'-dichloro-4,4'-méthylènedianiline (sels de )
- -	pentachlorophénol (sels alcalins de)
100-44-7	a-chlorotoluène
101-14-4	2,2'-dichloro-4,4'-méthylènedianiline
100-00-5	1-chloro-4-nitrobenzène
1024-57-3	époxyde d'heptachlore
106325-08-0	(2RS,3RS)-3-(2-chlorophényl)-2-(4-fluorophényl)-[(1H-1,2,4-triazol-1-yl)méthyl]oxiranne
106-47-8	4-chloroaniline
21436-97-5	hydrochlorure de 2,4,5-triméthylaniline
106-89-8	1-chloro-2,3-époxypropane
107-06-2	1,2-dichloroéthane
79-00-5	1,1,2-trichloroéthane
107-20-0	chloroacétaldéhyde
107-30-2	oxyde de chlorométhyle et de méthyle
112281-77-3	(+/-)-2-(2,4-dichloriphényl)-3-1H(1,2,4-triazol-1-yl)propyl-1,1,2,2-tétrafluoroéthyléther
115662-06-1	5,6,12,13-tétrachloroanthra(2,1,9-def:6,5,10-d'e'f)diisoquinoléine-1,3,8,10(2H,9H)-tétrone
115-96-86	phosphate de tris(2-chloroéthyle)
106-46-7	1,4-dichlorobenzène
118-74-1	hexachlorobenzène
119738-06-6	(+/-)(R )-2-[4-(6-chloroquinolaxin-2-yloxy)phényloxy]propanoate de tétrahydrofurfuryle
75-35-4	1,1-dichloréthylène
127-18-4	tétrachloroéthylène
131-52-2	pentachlorophénolate de sodium
13360-57-1	chlorure de diméthylsulfamoyle
1336-36-3	biphényles polychlorés (PCB)
140-41-0	trichloroacétate de 3-(4-chlorophényl)-1,1-diméthyluronium
143-50-0	chlordécone
14977-61-8	dichlorure de chromyle
15159-40-7	chlorure de morpholine-4-carbonyle
15972-60-8	alachlore
166242-53-1	produit de condensation UVCB de : chlorure de tétrakis-hydroxyméthylphosphonium, urée et de C16-18-suifalkylamine hydrogénée distillée
1746-01-6	2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-para-dioxine
17630-75-0	5-chloro-1,3-dihydro-2H-indol-2-one
1897-45-6	chlorothalonil
19750-95-9	chlordiméforme, chlorhydrate
2385-85-5	dodécachloropentacyclo[5.2.1.02,6.03,9.05,8]décane
2431-50-7	2,3,4-trichlorobut-1-ène
2593-15-9	5-éthoxy-3-trichlorométhyl-1,2,4-thiadiazole
27140-08-5	chlorhydrate de phénylhydrazine
37894-46-5	6-(2-chloroéthyl)-6-(2-méthoxyéthoxy)-2,5,7,10-tétraoxa-6-silaundécane
51594-55-9	(R)-1-chloro-2,3-époxypropane
51085-52-0	hydrochlorure de 5-nitro-o-toluidine
540-23-8	chlorure de p-toluidinium
95-69-2	4-chloro-ortho-toluidine
3165-93-3	hydrochlorure de 4-chloro-o-toluidine
541-69-5	m-phénylènediamine (dichlorhydrate de)
542-88-1	oxyde de bis(chlorométhyle)
56-23-5	tétrachlorure de carbone
57-74-9	chlordane
59-88-1	chlorure de phénylhydrazinium
91-94-1	3,3'-dichlorobenzidine

n°CAS	Famille "Composés organochlorés" (suite)
612-83-9	3,3'-dichlorobenzidine (sels de )
64969-34-2	3,3'-dichlorobenzidine (sels de )
74332-73-3	3,3'-dichlorobenzidine (sels de )
615-28-1	o-phénylènediamine (dichlorhydrate de)
6164-98-3	chlordiméforme
66938-41-8	(3-chlorophényl)-(4-méthoxy-3-nitrophényl)méthanone
67-66-3	trichlorométhane
74-87-3	chlorométhane
75-00-3	chloroéthane
75-01-4	chlorure de vinyle
75-09-2	dichlorométhane
75-27-4	bromodichlorométhane
7572-29-4	dichloroacétylène
76-01-7	pentachloroéthane
764-41-0	1,4-dichlorobut-2-ène
7778-73-6	pentachlorophénolate de potassium
107-05-1	3-chloropropène
78-88-6	2,3-dichloropropène
79-01-6	trichloroéthylène
79-07-2	2-chloroacetamide
79-44-7	chlorure de diméthylcarbamoyle
81880-96-8	chlorhydrate de (4-hydrazinophényl)-N-méthylméthanesulfonamide
85535-84-8	chloroalcane en C10-13
87-86-5	pentachlorophénol
88-06-2	2,4,6-trichlorophénol
88-10-8	chlorure de diéthylcarbamoyle
90657-55-9	monochlorhydrate de trans-4-cyclohexyl-L-proline
96-12-8	1,2-dibromo-3-chloropropane
96-18-4	1,2,3-trichloropropane
96-23-1	1,3-dichloro-2-propanol
5216-25-1	a,a,a,4-tétrachlorotoluène
98-07-7	a,a,a-trichlorotoluène
98-87-3	a,a-dichlorotoluène
126-99-8	2-chloro-1,3-butadiène
111-44-4	oxyde de bis-(2-chloroéthyle)
98-88-4	chlorure de benzoyle
548-62-9	CI Violet base 3
548-62-9	CI Violet base 3 avec $\geq 0,1\%$ de cétone de Michler
65322-65-8	chlorure de 1-(1naphtylméthyl)quinoléinium)
107543-96-3	1-(4-chlorophényl)-4,4-diméthyl-3-(1,2,4-triazol-1-ylméthyl)pentan-3-ol
39807-15-3	oxadiargyl
15545-48-9	chloroturon
- -	dichlorhydrate de dichlorure de (méthylènebis(4,1-phénylèneazo(1-(3-(diméthylamino)propyl)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-méthyl-2-oxopyridine-5,3-diyl)))-1,1'-dipyridinium
- -	2-[2-hydroxy-3-(2-chlorophényl)carbamoyl-1-naphtylazo]-7-[2-hydroxy-3-(3-méthylphényl)carbamoyl-1-naphtylazo]fluorén-9-one

### 6.17.2 Sous famille des "Composés Organo-iodés" :

n°CAS	Famille "Composés Organo-iodés"
2314-97-8	trifluoroiodométhane
74-88-4	iodure de méthyle

### 6.17.3 Sous famille des "Composés Organo-bromés" :

n°CAS	Famille "Composés Organo-bromés"
106-93-4	1,2-dibromoéthane
126-72-7	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)
138526-69-9	1-bromo-3,4,5-trifluorobenzène
1689-84-5	bromoxynil
56634-95-8	bromoxynil heptanoate
1689-99-2	bromoxynil octanoate
23085-60-1	2,4-dibromobutanoate de benzyle
593-60-2	bromoéthylène
65756-41-4	bromure de 1-éthyl-1-méthylmorpholinium
69094-18-4	2,2-dibromo-2-nitroéthanol
69227-51-6	bromure de 1-éthyl-1-méthylpyrrolidinium
74-83-9	bromométhane
74-96-4	bromoéthane
106-94-5	1-bromopropane
75-26-3	2-bromopropane
75-27-4	bromodichlorométhane
96-12-8	1,2-dibromo-3-chloropropane
96-13-9	2,3-dibromopropan-1-ol
32536-52-0	oxyde de diphényle, dérivé octobromé
143322-57-0	(R)-5-bromo-3-(1-méthyl-é-pyrrolidinyl méthyl)-1H-indole

### 6.17.4 Sous famille des "Composés Organo-fluorés" :

n°CAS	Famille "Composés Organo-fluorés"
- -	mélange de : 4-[[bi-fluorophényl]méthylsilyl]-méthyl]-4H-1,2,4-triazole ; 1-[[bis-(4-fluorophényl)méthylsilyl]-méthyl]-1H-1,2,4-triazole
- -	2-[2-hydroxy-3-(2-chlorophényl)carbamoyl-1-naphtylazo]-7-[2-hydroxy-3-(3-méthylphényl)carbamoyl-1-naphtylazo]fluorén-9-one
106325-08-0	(2RS,3RS)-3-(2-chlorophényl)-2-(4-fluorophényl)-[(1H-1,2,4-triazol-1-yl)méthyl]oxiranne
112281-77-3	(+/-)-2-(2,4-dichloriphényl)-3-1H(1,2,4-triazol-1-yl)propyl-1,1,2,2-tétrafluoroéthyléther
125051-32-3	bis(éta5-cyclopentadiényl)bis(2,6-difluoro-3-[pyrrol-1-yl]phényl)titanium
138526-69-9	1-bromo-3,4,5-trifluorobenzène
205-82-3	benzo(j)fluoranthène
207-08-9	benzo(k)fluoranthène
2314-97-8	trifluoroiodométhane
399-95-1	4-amino-3-fluorophénol
41107-56-6	5-(2,4-dioxo-1,2,3,4-tétrahydropyrimidine)-3-fluoro-2-hydroxyméthyltétrahydrofuran
75-02-5	fluorure de vinyle
93107-30-3	acide 1-cyclopropyl-6,7-difluoro-1,4-dihydro-4-oxoquinoline-3-carboxylique
118612-00-3	tétrakis(pentafluorophényl)borate de N,N-diméthylanilinium

## 6.18 Famille "Fibres minérales"

Pour réaliser cette famille, nous avons extrait de la base CMR les molécules minérales possédant des caractéristiques de fibres.

N°CAS	Famille "Fibres Minérales"
77536-66-4	amiante
132207-32-0	amiante
77536-67-5	amiante
12172-73-5	amiante
77536-68-6	amiante
12001-28-4	amiante
12001-29-5	amiante
- -	fibres à usage spécial
- -	fibres céramiques réfractaires
- -	laines minérales

## 6.19 Famille "composés minéraux"

Pour réaliser cette famille, nous avons extrait de la base CMR les molécules minérales possédant au moins un atome métallique.

N°CAS	Famille "Composés Minéraux"
- -	acide arsénique et ses sels
7789-09-5	ammonium (dichromate d')
1309-64-4	antimoine (trioxyde de di-)
1303-28-2	arsenic (pentaoxyde de di-)
1327-53-3	arsenic (trioxyde de di-)
7440-41-7	béryllium
- -	béryllium (composés de), à l'exception des silicates doubles d'aluminium et de béryllium et à l'exclusion de ceux nommément désignés dans cette liste
1304-56-9	béryllium (oxyde de)
7440-43-9	cadmium en poudre
10108-64-2	cadmium (chlorure de)
7790-79-6	cadmium (fluorure de)
1306-19-0	cadmium (oxyde de)
10124-36-4	cadmium (sulfate de)
1306-23-6	cadmium (sulfure de)
13765-19-0	calcium (chromate de)
1333-82-0	chrome (trioxyde de)
24613-89-6	chrome (tris(chromate) de di-)
- -	chrome VI (composés de), à l'exception du chromate de baryum et de ceux nommément désignés dans cette liste
7646-79-9	cobalt (dichlorure de)
10124-43-3	cobalt (sulfate de)
14977-61-8	dichlorure de chromyle
569-64-2	vert malachite (chlorhydrate de)
18015-76-4	vert malachite (oxalate de)
7440-02-0	nickel
3333-67-3	nickel (carbonate de)

N°CAS	Famille "Composés Minéraux" (suite)
12054-48-7	nickel (dihydroxyde de)
12035-36-8	nickel (dioxyde de)
12035-72-2	nickel (disulfure de tri-)
1313-99-1	nickel (monoxyde de)
7786-81-4	nickel (sulfate de)
16812-54-7	nickel (sulfure de)
1314-06-3	nickel (trioxyde de di-)
7446-27-7	plomb (bis(orthophosphate) de tri-)
7758-97-6	plomb (chromate de)
- -	plomb (composés du), à l'exception de ceux nommément désignés dans cette liste
25808-74-6	plomb (hexafluorosilicate de)
7784-40-9	plomb (hydrogéoarsenate de)
1344-37-2	plomb (jaune de sulfochromate de) CI 77603
12656-85-8	plomb (rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de)
7758-01-2	potassium (bromate de)
7789-00-6	potassium (chromate de)
7778-50-9	potassium (dichromate de)
14808-60-7	silice cristalline
7775-11-3	sodium (chromate de)
10588-01-9	sodium (dichromate de)
7789-12-0	sodium (dichromate de), dihydraté
7789-06-2	strontium (chromate de)
- -	zinc (chromates de), y compris le chromate de zinc et de potassium

## 6.20 Famille "Composés Organo-métalliques"

Pour réaliser cette famille, nous avons extrait les substances organiques possédant au moins un élément métallique. Cette liste est une liste par défaut car elle a été réalisée à partir des formules chimiques présentes dans la base. Elle ne prend donc pas en compte les substances dont la formule chimique n'est pas spécifiée et pour lesquelles la dénomination usuelle n'est pas explicite.

N°CAS	Famille "Composés Organo-métalliques"	élément métallique
15606-95-8	arséniate de triéthyle	As
13463-39-3	tétracarbonylnickel	Ni
- -	[4'-(8-acétylamino-3,6-disulfonato-2-naphtylazo)-4"-(6-benzoylamino-3-sulfonato-2-naphtylazo)biphényl-1,3',3",1'''- tétraolato-O,O',O",O'''] cuivre (I I) de trisodium	Cu
16071-86-6	C.I. Direct Brown 95	Cu
17570-76-2	plomb (méthanesulfonate de)	Pb
15245-44-0	plomb (2,4,6-trinitrorésorcinate de)	Pb
1335-32-6	plomb (acétate basique de)	Pb
- -	plomb (dérivés alkylés du)	Pb
301-04-2	plomb (di(acétate) de)	Pb
13424-46-9	plomb (diazoture de)	Pb
556-67-2	octaméthylcyclotétrasiloxane	Si
900-95-8	fentine-acétate	Sn
76-87-9	fentine-hydroxyde	Sn
1314-62-1	pentaoxyde de divanadium	V
125051-32-3	bis(éta5-cyclopentadiényl)bis(2,6-difluoro-3-[pyrrol-1-yl]phényl)titanium	Ti
137-30-4	Zirame	Zn

## **7 - Accès aux données scientifiques pour l'élaboration des valeurs de références par les différents organismes**

### **7.1 L'élaboration des valeurs limites d'exposition professionnelle dans les différents pays**

#### **7.1.1 L'élaboration des VLEP en Europe**

L'article 3 de la directive 98/24/CE sur les agents chimiques et la directive 2004/37/CE sur les agents cancérigènes et mutagènes constituent la base juridique sur laquelle se fonde la Commission pour établir les limites d'exposition professionnelle et les valeurs limites biologiques.

Les valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle (VLIEP) (Indicatives Occupational Exposure Limit Values ou IOELVs) sont adoptées au moyen de directives de la Commission, tandis que les valeurs limites contraignantes d'exposition professionnelle (VLCEP) (Binding Occupational Exposure Limit Values ou BOELVs) sont adoptées dans des directives du Conseil et du Parlement européen.

Bien qu'à ce jour, les directives en vigueur établissent des LEP pour un nombre limité d'agents chimiques, les dispositions générales de la directive cadre 89/391/CEE et les dispositions spécifiques de la Directive 98/24/CE du Conseil sur les agents chimiques ainsi que, le cas échéant, la directive 2004/37/CE du Conseil sur les agents cancérigènes et mutagènes établissent une politique de prévention couvrant tous les risques dus aux agents chimiques.

#### **Valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle (VLIEP)**

Des VLIEP peuvent être établies lorsque l'examen des données scientifiques disponibles mène à la conclusion qu'il est possible de déterminer clairement un seuil en deçà duquel l'exposition à la substance ne devrait pas déboucher sur des effets néfastes pour la santé.

Conformément à l'article 3 de la directive 98/24/CE sur les agents chimiques, les facteurs de faisabilité (notamment socioéconomiques et techniques) ne sont pas pris en compte lors de l'établissement des VLIEP.

Les directives contenant des VLIEP sont adoptées par la Commission européenne dans le respect de la procédure d'adaptation au progrès technique prévue par l'article 17 de la directive cadre 89/391/CEE.

Pour chaque agent chimique dont une LEP indicative a été établie à l'échelon communautaire, les États membres sont tenus d'établir une valeur limite d'exposition nationale qui tienne compte de la valeur limite indicative communautaire et qui soit conforme à la législation et aux pratiques nationales.

#### **Valeurs limites contraignantes d'exposition professionnelle (VLCEP) <**

Les VLCEP tiennent compte des facteurs socioéconomiques et de la faisabilité technique ainsi que des critères pris en compte lors de l'établissement des VLIEP.

Pour chaque agent chimique dont une VLCEP a été établie à l'échelon communautaire, les États membres sont tenus d'établir une VLCEP nationale correspondante qui peut être plus sévère mais ne peut être supérieure à la valeur limite communautaire.

### **Valeurs limites biologiques (VLB)**

Conformément à l'article 3, paragraphe 6, de la directive 98/24/CE sur les agents chimiques, la Commission peut établir des valeurs limites biologiques (VLB) sur la base d'une évaluation scientifique indépendante des données scientifiques les plus récentes.

Tous les types de valeurs limites biologiques sont établis en fonction des techniques de mesure disponibles.

### **Procédure d'établissement des LEP**

Les principales étapes d'établissement des LEP sont les suivantes:

1. établissement par la DG Emploi d'une liste de substances prioritaires nécessitant la fixation de LEP;
2. soumission de la liste prioritaire au comité scientifique en matière de limites d'exposition professionnelle (CSLEP) (voir la section consacrée aux comités pour plus d'informations sur le CSLEP);
3. évaluation par le CSLEP des données scientifiques publiées sur la toxicologie des agents chimiques;
4. rédaction par le CSLEP d'un projet de recommandation de synthèse (SCOEL/SUM);
5. période de consultation de six mois pendant laquelle les points de contact peuvent émettre des avis sur le document SCOEL/SUM;
6. prise en compte par le CSLEP des avis et des données nouvelles, suivie, le cas échéant, par une nouvelle version de la recommandation;
7. publication par la Commission de la recommandation définitive du CSLEP;
8. élaboration par la Commission d'une proposition de directive basée sur la recommandation du CSLEP;
9. consultation du comité consultatif pour la sécurité et la santé sur le lieu de travail au sujet de la proposition de la Commission;
10. adoption de la proposition définitive de la Commission soit par la procédure d'adaptation au progrès technique (VLIEP), soit via le Conseil et le Parlement européen (VLCEP).

### **7.1.2 L'élaboration des VLEP en France**

Selon l'INRS, pour prévenir la survenue de pathologies d'origine professionnelle dues à l'exposition à un polluant toxique, il faut réduire le plus possible cette exposition et fixer une limite à celle-ci. On a donc défini des niveaux de concentration dans l'atmosphère de travail à ne pas dépasser. Ce sont les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP). Elles sont fixées par le ministère chargé du Travail qui les révisent périodiquement en fonction de l'état des connaissances. D'autres sont recommandées par la Caisse Nationale d'Assurance Maladie de Travailleurs Salariés (CNAMTS).

Toujours selon l'INRS, une valeur limite représente la concentration dans l'air d'un composé chimique que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération de sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées. Aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongée n'est raisonnablement prévisible à ce niveau d'exposition. La valeur est exprimée généralement en volume (ppm ou partie par million) ou en poids ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

En France, les VLEP sont indicatives pour quelques 400 produits chimiques, et doivent être considérées comme des objectifs minimaux. Les substances disposant d'une VLEP sont regroupées dans un document publié par l'INRS (ND 2098. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France).

Pour quelques autres, elles sont contraignantes : poussières, amiante, benzène, chlorure de vinyle, plomb, quartz, etc.

Les valeurs limites sont établies en partie à partir de l'exploitation d'informations relatives aux propriétés toxiques des substances. Ces informations sont tirées de l'expérience industrielle (observations isolées, enquêtes épidémiologiques) et d'études sur des animaux de laboratoire.

Les valeurs retenues visent à protéger des effets irritants, toxiques... immédiats ou à long terme ; cependant les travailleurs ne sont pas à l'abri d'autres effets comme les phénomènes d'allergie.

Il existe en France deux types de valeurs :

Les valeurs limites d'exposition à court terme (VLE) : ce sont des valeurs plafonds mesurées sur une durée maximale de 15 minutes. Leur respect prévient les risques d'effets toxiques immédiats ou à court terme.

Les valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) : mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures, elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à long terme. La VME peut être dépassée sur de courtes périodes, à condition de ne pas dépasser la VLE, lorsqu'elle existe.

Selon l'INRS, le respect des valeurs limites n'implique pas l'absence de risque. En effet :

- les méthodes utilisées pour les établir diffèrent d'un pays à l'autre ;
- ces valeurs ne sont valables que pour un produit unique et pur ;
- les critères de détermination diffèrent d'une substance à l'autre ;
- les conditions d'exposition jouent un rôle primordial ;



les différentes voies de pénétration du toxique dans l'organisme conditionnent bien souvent sa toxicité.

Selon l'INRS, il faut se garder de juger de la toxicité d'un produit en se fondant sur la seule valeur limite fournie, car deux produits différents possédant la même valeur limite n'ont pas forcément la même toxicité générale.

**La recherche que nous avons menée, dans les documents publiés par l'INRS, sur le site de l'INRS et en interrogeant directement l'INRS, permet d'indiquer qu'il n'existe aucun accès aux données scientifiques qui ont servi à élaborer les valeurs limites d'exposition professionnelle en vigueur en France.**

Les VLEP françaises relatives aux 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets figurent dans le tableau 5.

### **7.1.3 L'élaboration des VLEP aux USA**

L'OSHA du département américain du travail (U.S. Department of Labor) publie des valeurs limites réglementaires pour le milieu de travail (Permissible Exposure Limits ou PELs).

Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) publie des valeurs limites d'exposition recommandées (Recommended Exposure Limits ou RELs) pour les substances dangereuses ou les conditions de travail. Les recommandations du NIOSH sont transmises à l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) et à la Mine Safety and Health Administration (MSHA) dans le but de promulguer des normes réglementaires.

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) indique des niveaux d'exposition en milieu de travail auxquels un travailleur peut être exposé sans risque d'atteinte à sa santé et propose à l'intention des hygiénistes industriels des valeurs limites d'exposition (TLVs) et des indicateurs biologiques d'exposition (BEIs). Les valeurs proposées par l'ACGIH ne sont pas conçues comme des normes réglementaires.

#### **7.1.3.1 L'élaboration des valeurs limites d'exposition par l'ACGIH**

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) est une organisation non gouvernementale privée à but non lucratif qui rassemble des hygiénistes industriels et d'autres professionnels de l'hygiène et de la sécurité tournés vers la promotion de la santé et la sécurité en milieu de travail. Il s'agit d'une association scientifique et non d'un groupe ayant pour but l'élaboration de normes.

Les valeurs limites d'exposition (TLVs) et les indicateurs biologiques d'exposition (BEIs) établis par les comités spécialisés mis en place par l'ACGIH représentent les conditions dans lesquelles selon l'ACGIH, la

majorité des travailleurs devraient pouvoir être exposés de façon répétée sans encourir d'effets délétères sur leur santé.

Seules des considérations scientifiques supportent le choix des valeurs limites proposées par l'ACGIH. Le processus d'élaboration des TLVs et BEIs par l'ACGIH comporte une information publique et la recherche de toutes les données scientifiques pertinentes.

Les valeurs proposées par l'ACGIH ne sont pas conçues comme des normes réglementaires. Les agences gouvernementales qui établissent de telles normes prennent également en compte des facteurs économiques, la faisabilité technique et la disponibilité des méthodes pour mesurer la conformité. Même s'il existe le plus souvent des techniques de mesure des polluants dans les ambiances de travail au niveau des TLVs et BEIs de l'ACGIH, il peut exister des exemples ou de telles méthodes n'ont pas encore été validées.

L'ACGIH publie chaque année un recueil des valeurs limites d'exposition en milieu de travail (TLVs) pour les substances chimiques et les agents physiques et des indicateurs biologiques d'exposition (BEIs)<sup>10</sup>.

Les experts réunis par l'ACGIH au sein des comités passent en revue les données scientifiques disponibles. Ils développent une documentation écrite qui inclut l'expression d'une opinion scientifique, une description des bases rationnelles mais aussi des limites aux conclusions auxquelles parvient l'ACGIH. La documentation fournit la liste de toutes les publications sur lesquelles se fonde l'opinion scientifique de l'ACGIH. Une copie complète de la documentation des TLVs et BEIs peut être obtenue par les agences réglementaires qui travaillent dans le domaine des risques concernés par des TLVs et BEIs.

### **Le processus de développement des TLVs et BEIs.**

Lorsqu'une substance ou un agent est sélectionné pour le développement d'une TLV ou d'un BEI ou pour la revue d'une valeur adoptée, le comité approprié la place dans la liste dénommée « liste en cours d'étude ». La publication de cette liste est une invitation aux parties intéressées à présenter les données et commentaires utiles aux délibérations du comité. Chaque comité établit sa propre liste de substances sur des critères de sélection variables qui peuvent inclure la prévalence, l'utilisation, le nombre de travailleurs exposés, la disponibilité de données scientifiques, existence ou l'absence de TLV ou BEI, l'âge des TLV ou BEI, l'intérêt du public....

Un membre du comité est chargé de rassembler les données soumises à revue et de préparer une documentation TLV ou BEI provisoire. La documentation provisoire est une évaluation critique, bien que non exhaustive, de la littérature scientifique pertinente pour recommander une TLV ou un BEI. Les données relatives à des niveaux d'exposition sans effet ou avec des effets réduits dans les études animales ou chez des travailleurs sont privilégiées ainsi que les études de la réversibilité des effets ou, dans le cas des BEI, les études portant sur les déterminants de l'exposition chez l'homme.

La documentation provisoire et ses propositions de TLV ou BEI est ensuite passée en revue et critiquée par d'autres membres du comité voire par l'ensemble du comité. Ceci aboutit à des versions révisées de la documentation provisoire jusqu'à l'acceptation de la documentation et des valeurs proposées de TLV ou BEI

---

<sup>10</sup> 2004 TLVs and BEIs. Based on the documentation of the Threshold Limit values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH.

par l'ensemble du comité. La documentation provisoire n'est pas publique dans cette phase du processus jusqu'au stade de notice des changements proposés (Notice of Intended Changes ou NIC).

Quand le comité entier a accepté la documentation provisoire et les valeurs de TLV ou BEI proposées, la documentation et les valeurs proposées sont recommandées à la ratification du conseil des directeurs de l'ACGIH (ACGIH Board of Directors) en tant que NIC. En cas de ratification, chaque TLV ou BEI proposé est publié comme valeur NIC dans le rapport annuel des comités sur les TLVs et BEIs qui est publié dans la lettre aux membres de l'ACGIH « Today On line » et qui est également accessible à l'achat sur le site de l'ACGIH <http://www.acgih.org/store>. A la même période la documentation provisoire est rendue accessible par le service à la clientèle de l'ACGIH et en accès online. Les informations contenues dans le rapport annuel sont intégrées dans la version annuelle du document TLVs and BEIs rendu accessible au public en février ou mars de chaque année par l'ACGIH.

Si dans l'année qui suit la publication de la notice des changements proposés, le comité ne trouve ni ne reçoit aucune donnée susceptible de modifier son opinion vis-à-vis des NIC TLV ou BEI, le comité peut approuver sa recommandation pour adoption par le conseil des directeurs de l'ACGIH. A la suite de l'approbation par le comité et la ratification par le conseil, les TLVs et BEIs sont publiées comme valeurs adoptées dans le rapport annuel des comités sur les TLVs et BEIs et dans le document annuel TLVs and BEIs. La documentation provisoire est finalisée pour publication.

L'ACGIH encourage les parties intéressées dans l'élaboration des TLVs et BEIs a publié les études qui peuvent avoir un intérêt dans le processus décrit ci-dessus. Le meilleur moment pour fournir des données apparaît être lors de l'inscription d'une substance sur la liste « en cours d'étude ». C'est également dès ce stade que doit être discuté l'intérêt des symposiums qui peuvent être organisés pour la discussion publique et l'interprétation scientifique.

Les VLEP de l'ACGIH pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets figurent au tableau 6 ainsi que les documentations correspondantes.

**L'accès aux documentations élaborées par l'ACGIH, permettrait de connaître les données scientifiques sur lesquelles les membres de l'ACGIH se sont fondés pour élaborer les valeurs limites d'exposition (TLVs) et les indicateurs biologiques d'exposition (BEIs) publiés par l'organisme.**

#### **7.1.3.2 Le processus d'élaboration des recommandations du NIOSH**

Dans le cadre de l'Occupational Safety and Health Act de 1970 et du Federal Mine Safety and Health act de 1970, le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) développe et révisé périodiquement des valeurs limites d'exposition recommandées (Recommended Exposure Limits ou RELs) pour les substances dangereuses ou les conditions de travail. Le NIOSH recommande également les mesures de prévention adaptées pour réduire ou supprimer les effets sur la santé ou la sécurité liés à ces dangers. Pour faire ces recommandations, le NIOSH évalue les informations connues et disponibles de nature médicale, biologique, technologique, chimique, commerciale et d'autres informations pertinentes vis-à-vis du danger

considéré. Les recommandations du NIOSH sont publiées et transmises à l'OSHA et à la Mine Safety and Health Administration (MSHA) dans le but de promulguer des normes réglementaires.

Le guide de poche du NIOSH pour les dangers chimiques (NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards) contient sous forme de tables des informations abrégées pour 677 composés chimiques retrouvés dans l'environnement de travail.

Le site du NIOSH Pocket Guide on line<sup>11</sup> permet d'obtenir les valeurs limites d'exposition établies par le NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) et l'OSHA (Occupational Safety and Health Administration), ainsi que d'autres valeurs limites utiles aux préventeurs (valeurs IDLH, ou seuil de risque immédiat).

Les substances considérées comprennent toutes les substances pour lesquelles le NIOSH a recommandé des valeurs limites d'exposition (Recommended Exposure Limits ou RELs) et celles qui disposent de valeurs limites d'exposition (Permissible Exposure Limits ou PELs) dans le recueil des normes réglementaires de l'OSHA (General Industry Air Contaminants Standard 29 CFR 1910.1000). Le nom retenu pour les substances est celui qui figure dans le recueil.

En 1974, le NIOSH et l'OSHA ont débuté conjointement le développement de normes pour la santé en milieu de travail (Occupational health standards) en accord avec la section 6(b) de l'Occupational Safety and Health Act de 1970 pour les substances possédant une valeur limite réglementaire (OSHA permissible exposure limits ou PELs). Ce travail commun des deux organismes a pris le nom de Standards Completion Program (SCP).

Le SCP a développé des normes provisoires pour 387 substances spécifiques avec la documentation correspondante contenant des informations techniques et des recommandations nécessaires pour assurer la promulgation des nouvelles règles en matière de santé au travail. Bien que de nouvelles normes ne furent pas promulguées à l'époque, les données rassemblées servirent de base à l'élaboration des directives pour la santé au travail des substances dangereuses (NIOSH/OSHA Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards [NIOSH/OSHA 1981]).

Les directives du NIOSH se présentent sous la forme de fiches par substance qui comportent après une courte introduction, les caractéristiques de la substance (formule chimique, synonymes, numéros d'identification, apparence et odeur), les propriétés physico chimiques, les valeurs limites d'exposition de l'OSHA (PELs), du NIOSH (RELs) et de l'ACGIH (TLVs). De brèves informations sur le danger (voie d'exposition, effets toxiques, effets liés à l'exposition) précèdent des informations sur les bonnes pratiques médicales (programme de surveillance, évaluation avant exposition, examens périodiques). Sont ensuite présentés de façon rapide, les procédures de surveillance de l'exposition (mesure dans l'environnement ou biomonitoring), les vêtements de travail, l'hygiène, l'organisation des mesures de protection, les mesures de premiers secours, les actions en cas de renversement, la gestion des déchets, les équipements de protection respiratoire. Une bibliographie conclut la fiche.

---

<sup>11</sup> <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html>

Dans les textes rédigés par le NIOSH, il existe des informations scientifiques très variables selon les substances sur les relations exposition/effet qui pourraient justifier le choix des VLEP (RELs). La bibliographie qui figure dans les normes est assez riche et cite des sources de qualité (Documentation de l'ACGIH et ouvrages de références en toxicologie notamment). La qualité des textes progresse avec le temps (des textes les plus anciens datant de 1978 aux révisions de 1995).

Un index des directives (Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards) est présenté sur le site du NIOSH. Il contient les documents suivants :

- [Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards January, 1981 DHHS \(NIOSH\) Publication No. 81-123](#)
- [Occupational Safety and Health Guidelines for Chemical Hazards Supplement I-OHG 1988 DHHS \(NIOSH\) Publication No. 88-118](#)
- [Occupational Safety and Health Guidelines for Chemical Hazards Supplement II-OHG 1988 DHHS \(NIOSH\) Publication No. 89-104](#)
- [Occupational Safety and Health Guidelines for Chemical Hazards Supplement III-OHG 1992 DHHS \(NIOSH\) Publication No. 92-110](#)
- [Occupational Safety and Health Guidelines for Chemical Hazards Supplement IV-OHG 1995 DHHS \(NIOSH\) Publication No. 95-121](#)

Les VLEP du NIOSH (RELs) relatives aux substances d'intérêt figurent au tableau 7. Nous avons également indiqué dans le tableau 5 le numéro de la directive correspondant à chacune des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets lorsqu'elle existe.

Le site de l'OSHA présente des directives complémentaires portant sur quelques substances (NIOSH/OSHA/DOE Health Guidelines. Révision du 17 février 2000). Nous les avons indiquées avec la mention HG dans le tableau 7.

**Les documents du NIOSH mentionnent, bien que de façon variable selon l'époque de leur rédaction, les relations exposition/effet sur lesquelles les membres du NIOSH se sont fondées pour élaborer les valeurs limites recommandées (RELs) dans le cadre des directives en matière de santé au travail pour les substances chimiques dangereuses (Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards).**

### **7.1.3.3 Le processus d'élaboration des normes de l'OSHA**

L'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) du département américain du travail (U.S. Department of Labor) débute la démarche d'élaboration des normes (Standards) soit sur sa propre initiative soit à la demande de tiers (Secrétaire d'état à la santé, NIOSH, gouvernements des états, autres organisations nationales produisant des règles, représentants des employeurs ou des travailleurs, ou tout autre personne intéressée).

Lorsque l'OSHA perçoit le besoin d'une norme, des comités consultatifs sont mobilisés pour rédiger des recommandations spécifiques. Deux comités principaux et des comités ad hoc sont constitués. Les comités comprennent des représentants des employeurs, des travailleurs et des agences gouvernementales aussi bien que personnes choisies par le secrétaire d'état à la santé.

Les deux comités consultatifs principaux sont :

Le comité consultatif national de la santé et la sécurité au travail (NACOSH) qui conseille, consulte, et fait des recommandations au secrétaire d'état à la santé et au secrétaire d'état au travail sur les questions relatives aux aspects administratifs du texte.

Le comité consultatif national de la santé et la sécurité dans la construction qui conseille le secrétaire d'état au travail sur la formulation des normes et autres réglementations en matière de santé et sécurité dans la construction.

Les recommandations peuvent également provenir du NIOSH qui est une agence du département d'état à la santé.

Lorsque l'OSHA a développé un plan pour proposer, modifier ou supprimer une norme, il publie ses intentions dans le registre fédéral en tant que proposition de loi (Notice of Proposed Rulemaking) ou plus souvent en tant que pré proposition de loi (Advance Notice of Proposed Rulemaking). La pré proposition est utilisée lorsqu'il est nécessaire de recueillir des informations utiles à l'élaboration de la proposition. Les parties intéressées peuvent soumettre des arguments et des preuves et demander une audition publique.

L'OSHA publie dans le registre fédéral toute norme modifiée ou adoptée et la date de son entrée en application effective ainsi que l'explication de la norme et les raisons de son établissement.

Dans des situations d'urgence, l'OSHA peut être amené à élaborer des normes temporaires urgentes. Leur publication dans le registre fédéral vaut proposition de norme définitive qui suit ensuite la procédure normale mais nécessite son adoption finale dans les 6 mois.

Une procédure de contestation devant la cour d'appel (US Court of Appeals) existe vis-à-vis des normes usuelles ou d'urgence dont peut bénéficier toute personne qui pourrait être affectée par l'application de la norme. Cet appel n'est pas suspensif de l'application de la norme jusqu'à ce que la cour d'appel en décide.

Des exonérations permanentes à la norme peuvent être accordées aux employeurs qui montrent que leur manière d'opérer garantit la sécurité de leurs employés.

Des exonérations temporaires peuvent être accordées si les délais ne peuvent être respectés (indisponibilité des moyens humains ou matériels nécessaires ou délais dans la construction) à condition que l'employeur mette tout en œuvre pour assurer la sécurité de son personnel en attendant et qu'il prouve sa volonté de se conformer à la norme aussi rapidement que possible.

L'OSHA publie des valeurs limites d'exposition réglementaires pour le milieu de travail (Permissible Exposure Limits ou PELs).

Ces valeurs figurent dans un recueil de normes réglementaires (OSHA Regulations, Standards – 29 CFR) dans la partie relative aux normes en matière de sécurité et santé sur le lieu de travail (Occupational Safety

and Health Standards – 1910) applicables aux substances dangereuses (Toxic and Hazardous Substances – Z) et particulièrement aux contaminants de l'atmosphère (Air contaminants – 1910.1000).

L'OSHA distingue trois catégories de substances qui figurent dans trois tables distinctes (Z1, Z2 et Z3) comportant des exigences différentes (voir le rapport de l'étude 02-0660/1A pour des explications sur les tables).

Environ 500 valeurs PELs ont été établies. Elles figurent dans les tables Z1, Z2 et Z3 et dans les normes spécifiques de plusieurs substances.

L'OSHA a établi une norme pour plusieurs des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets. Pour chacune des substances considérées, nous avons indiqué le numéro de la norme correspondante dans le tableau 4. Les normes sont indiquées par un numéro au format 1910.10xx. Pour les substances concernées, nous avons également indiqué le numéro de la table (Z1, Z2 ou Z3).

Une norme de l'OSHA relative à une substance donnée constitue un outil d'information des employés. Elle comporte plusieurs parties. Une première partie dite directive technique présente de façon très générale : l'identification de la substance (noms et synonymes, les valeurs limites PELs, les données physico chimiques), le danger d'incendie et d'explosion, des informations sur le danger (effets aigus et effets chroniques), les dispositions d'urgence, la conduite à tenir en cas de renversement et de fuites, les procédures pour le mesurage, les vêtements et équipements de protection, la surveillance médicale. La seconde partie présente les stratégies d'échantillonnage et les méthodes d'analyse. La troisième traite de surveillance médicale. Elle expose plus en détail les effets toxiques ainsi que des considérations relatives à la surveillance et à l'examen médical.

Si les informations contenues dans les normes font parfois référence à la notion de relation concentration d'exposition/effet, il n'y est pas donné les références des sources bibliographiques correspondant à ces informations.

Sans établir de valeurs limites réglementaires (PELs), l'OSHA a promulgué en 1974 des normes pour réglementer l'usage industriel de 13 substances chimiques considérées comme de cancérigènes professionnels potentiels.

Parmi ces 13 substances, la benzidine classée cancérigène de catégorie 1 par l'UE figure dans la liste des 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets.

Les VLEP de l'OSHA relatives aux 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets figurent au tableau 8.

**Les documents de l'OSHA auxquels nous avons eu accès ne permettent pas de savoir sur quelles données scientifiques les membres des comités consultatifs de l'OSHA se sont fondés pour élaborer les valeurs limites réglementaires (PELs) publiées par l'OSHA et actuellement en vigueur dans le**

**cadre des normes en matière de sécurité et santé sur le lieu de travail (OSHA Regulations, Standards 29 CFR 1910.1000).**

Nous avons indiqué dans le tableau 8, l'existence de plusieurs documents de l'OSHA rédigés dans le cadre d'un projet de modification des valeurs limites de l'organisme en 1988 (OSHA PEL Project Documentation figurant sur le site du NIOSH). Ces documents présentent et discutent les données scientifiques qui soutiennent la position de l'organisme pour de nouvelles valeurs plus basses que les valeurs en cours. Suite à rejet par la cour d'appel, les valeurs proposées n'ont pas été adoptées. Les données scientifiques présentées ne peuvent donc pas être considérées comme applicables aux valeurs limites toujours en cours. Tous les documents indiqués portent l'en tête suivante : OSHA comments from the January 19, 1989 Final Rule on Air contaminants Projet extracted from 54FR2332 et. Seq. This rule was remanded by the U.S. Circuit Court of Appeals and the limits are not currently in force.

#### **7.1.4 L'élaboration des VLEP en Grande Bretagne**

Afin d'assister les employeurs vis-à-vis de leurs obligations contenues dans la réglementation pour le contrôle des substances dangereuses (Control of Substances Hazardous to Health Regulations ou COSHH Regulations), la commission pour la santé et la sécurité (Health and Safety Commission ou HSC) établit des valeurs limites en milieu de travail ou concentrations des substances dans l'air au niveau desquelles ou en dessous desquelles le contrôle de l'exposition est considéré comme satisfaisant.

Il existaient en Grande Bretagne deux types de valeurs limites en milieu de travail dans les réglementations :

- des "Maximum Exposure Limits" (MELs) qui appartenaient à la réglementation et figuraient dans l'annexe 1 du COSHH,
- des "Occupational Exposure Standards" (OESs).

La principale différence entre les deux valeurs limites tenait à ce que les OESs étaient établis à un niveau auquel il n'existait pas d'indication d'un risque d'atteinte à la santé alors que pour les MELs, un risque résiduel pouvait exister et le niveau retenu prenait en compte des facteurs d'ordre socio-économique.

Avec la parution du nouveau document du HSE<sup>12</sup>, les anciennes valeurs ont été remplacées par des valeurs limites dont l'appellation est devenue Workplace exposure limit values (WELs) élaborées dans le cadre de la réglementation pour le contrôle des substances dangereuses (Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 ou COSHH Regulations 2002).

L'examen auquel nous avons procédé concernant le processus d'élaboration des VLEP en Grande-Bretagne concernait les anciennes dénominations des valeurs limites MELs et OES élaborées dans le cadre de la réglementation pour le contrôle des substances dangereuses (Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1999 ou COSHH Regulations 1999).

---

<sup>12</sup> EH40/2005 Workplace exposure limits. HSE



Maximum Exposure Limits. Pour les expositions à des substances pour lesquelles une MEL a été fixée, le contrôle de l'exposition, dans le cas d'une exposition par inhalation, est considéré comme satisfaisant seulement si

- l'utilisation de la substance est justifiée car il n'existe pas de pratique alternative plus sûre,
- le niveau d'exposition est réduit au niveau le plus bas raisonnablement praticable et dans tous les cas en dessous du MEL

Occupational Exposure Standards. Pour les expositions à des substances pour lesquelles un OES a été fixé, le contrôle de l'exposition, dans le cas d'une exposition par inhalation, est considéré comme satisfaisant seulement si

- l'OES n'est pas dépassé ou
- si l'OES est dépassé, l'employeur a identifié la raison du dépassement et prend des dispositions pour remédier à la situation dans des délais raisonnablement acceptables.

Les valeurs limites des deux types sont le résultat de délibérations de comités d'experts et d'une consultation publique.

La première décision concerne le choix d'établir un OES ou une MEL.

Pour fixer un OES à une substance, celle-ci doit remplir trois critères :

- 1- il existe un niveau d'exposition par inhalation pour lequel il n'existe pas d'indication d'un danger pour la santé,
- 2- l'exposition de courte durée à des niveaux plus élevés n'est pas de nature à provoquer des effets graves sur la santé,
- 3- le niveau fixé en 1 peut être raisonnablement atteint.

Pour une MEL, l'un ou l'autre des deux critères suivants doit être rempli :

- 1- les critères 1 et/ou 2 pour un OES n'est (ne sont) pas rempli(s) et l'exposition à la substance est susceptible de provoquer des effets graves sur la santé,
- 2- les critères 1 et/ou 2 pour un OES est (sont) rempli(s) mais des facteurs socio-économiques indiquent que pour être raisonnablement atteint, un niveau plus élevé doit être fixé.

L'établissement d'une MEL a d'importantes répercussions pour la santé des travailleurs exposés à la substance. En pratique, les MELs sont plus fréquemment établies pour des cancérogènes et d'autres substances pour lesquelles aucun seuil d'effet n'a été identifié et pour lesquelles il n'y a aucun doute quant à la gravité des effets liés à l'exposition.

Quand ils sont acceptés par la commission pour la santé et la sécurité (Health and Safety Commission), les MELs sont ajoutés à l'annexe 1 du COSHH et reproduits dans la table 1 du document EH40 du Health and Safety Executive (HSE). Les OESs sont reproduits dans la table 2 du même document. Ces différentes valeurs ont alors valeur légale.

La liste complète des OESs et des MELs est publiée dans le document EH40 du HSE qui est revu périodiquement<sup>13</sup>.

Des résumés par substance présentent les critères ayant servi à l'élaboration des propositions de valeurs limites par la Health and Safety Commission (HSC). Un résumé est repérable par la date de son élaboration ou de sa révision ainsi que par son numéro (cf. le numéro des résumés dans le tableau 7).

Des résumés figurent dans le document EH64 Summary Criteria for Occupational Exposure Limits du HSE. Des résumés figurent également dans les documents édités par le HSE lors des consultations pour l'établissement de nouvelles valeurs limites (propositions de modification de la liste des MELs et propositions de modification de la liste des OESs) (Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1999. Proposals for Maximum Exposure Limits and Occupational Exposure Standards. HSE, 2002).

Un résumé comporte en titre : le nom de la substance et la valeur limite considérée (MEL ou OES) ainsi que le temps pris en compte (8 heures ou période de 15 minutes). Puis sont indiquées des caractéristiques physico-chimiques, les phrases de risque et les concentrations limites spécifiques issues de la réglementation sur l'étiquetage.

Le résumé indique ensuite le mode de fabrication et les principales utilisations industrielles de la substance, puis les niveaux d'exposition mesurés en milieu de travail et dans l'environnement, les techniques de mesure, la toxicocinétique et les principaux effets chez l'animal et chez l'homme.

Une valeur limite est proposée sur la base d'une discussion des connaissances résumées dans le résumé. Des références bibliographiques sont indiquées en fin de résumé.

Les VLEP anglaises pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets figurent au tableau 9.

**Les documents édités par le HSE auxquels nous avons eu accès permettent de savoir sur la base de quelles données scientifiques, relatives notamment aux relations exposition/effet, les membres de la commission pour la santé et la sécurité (Health and Safety Commission ou HSC) établissent les valeurs limites en milieu de travail (Occupational Exposure Limits ou OELs) publiées en Grande Bretagne.**

---

<sup>13</sup> EH40/2002. Occupational Exposure Limits 2002. HSE.

### **7.1.5 Comparaison des VLEP établies par les différents organismes**

Nous avons regroupé dans le tableau 12 les différentes valeurs limites d'exposition professionnelle établies par les différents organismes pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets.

Cette présentation en parallèle facilite la comparaison entre ces différentes valeurs selon les organismes qui les produisent.

Pour le pentachlorophénol (0,5 mg/m<sup>3</sup>), le phtalate de bis(2-éthylhexyle) (5 mg/m<sup>3</sup>) et le béryllium (0,002 mg/m<sup>3</sup>), il y a accord parfait entre au moins 4 des organismes concernant la VME.

Pour d'autres substances, les valeurs sont très proches (facteur multiplicatif  $\leq 2$ )

Monoxyde de carbone : France (55 mg/m<sup>3</sup>), ACGIH (29 mg/m<sup>3</sup>), NIOSH (40 mg/m<sup>3</sup>), OSHA (55 mg/m<sup>3</sup>) et HSE (35 mg/m<sup>3</sup>).

Pour d'autres substances, les valeurs sont assez proches (facteur multiplicatif  $\leq 10$ )

Chlorure de vinyle : France, ACGIH ou OSHA = HSE ou UE / 3

Acrylonitrile : NIOSH = France, ACGIH, OSHA ou HSE / 2

Chlorure de cadmium : OSHA = ACGIH / 2, HSE / 5 ou France / 10

Trichloréthylène : NIOSH = ACGIH / 2 ou OSHA / 4

Trichlorométhane : UE, France ou HSE = ACGIH / 4

Composés du cobalt : NIOSH = OSHA ou HSE / 2 et ACGIH = OSHA ou HSE / 5

Silice cristalline : ACGIH ou NIOSH = France / 2 ou HSE / 6

1,2,3-trichloropropane : ACGIH ou NIOSH = OSHA / 5

Pour quelques-unes, les écarts entre les valeurs sont proches d'un facteur 10

Arsenic : ACGIH = France / 20 ou HSE / 10

Nickel : NIOSH = HSE / 6

Acrylamide : ACGIH et NIOSH = France, OSHA ou HSE / 10

Pour d'autres enfin, les valeurs s'en éloignent plus ou moins notablement

Benzène : NIOSH = France / 50

Composés du chrome : NIOSH = France, ACGIH ou HSE / 70

Composés du nickel : NIOSH = France ou OSHA / 50

Hydrazine : ACGIH = OSHA / 100

Acétaldéhyde : NIOSH = LFC alors que France = 180 mg/m<sup>3</sup>, OSHA = 360 mg/m<sup>3</sup>

Formaldéhyde : NIOSH = HSE / 125

Tétrachloroéthylène : NIOSH = LFC alors que OSHA = 685 mg/m<sup>3</sup>, France = 335 mg/m<sup>3</sup>, ACGIH = 170 mg/m<sup>3</sup>

Dibromo 1,2-éthane : NIOSH = OSHA / 450

Dichloro 1,2-éthane : NIOSH = OSHA / 100

Oxyde de propylène : NIOSH = LFC alors que OSHA = 240 mg/m<sup>3</sup>

1,3-butadiène : NIOSH = LFC alors que HSE = 22 mg/m<sup>3</sup>

Au total, il apparaît des différences assez nettes entre les VLEP des différents organismes. Ces différences sont en rapport avec ce que les différents organismes indiquent dans le processus d'élaboration de leurs VLEP. Cela est notamment vrai de la comparaison entre les trois organismes américains.

Alors que l'ACGIH indique ne se fonder que sur des considérations scientifiques, le NIOSH évalue les informations connues et disponibles de nature médicale, biologique, technologique, chimique, commerciale et d'autres informations pertinentes vis-à-vis du danger considéré. Quant à l'OSHA, il organise des comités comportant des représentants des employeurs, des salariés et des agences gouvernementales.

Ces approches différentes aboutissent à des VLEP généralement plus élevées pour l'OSHA que pour le NIOSH ou l'ACGIH (à la notable exception des composés du cadmium).

Les valeurs établies d'un point de vue réglementaire par la France et le HSE sont souvent plus proches de celles établies par l'OSHA, organisme réglementaire des USA que de celles plus basses de l'ACGIH ou du NIOSH (à l'exception cependant du trichlorométhane).

**Tableau 12 : Comparaison des VLEP établies par les différents organismes pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets (en mg/m<sup>3</sup>)**

ID	Substances	N° CAS	IOELVs TWA (UE)	BOELVs TWA (UE)	VME (France)	VLE (France)	TLV TWA (ACGIH)	TLV STEL/CEIL (ACGIH)	REL TWA (NIOSH)	REL STEL/CEIL (NIOSH)	PEL TWA (OSHA)	PEL STEL/CEIL (OSHA)	WEL TWA (HSE)	WEL STEL (HSE)
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3			0,2		0,01						0,1	
154	benzène	71-43-2		3,25	3,25		1,6	8	0,32	3,2	3	15	3,25	
155	benzidine	92-87-5			0,008		LFC*							
218	chlorure de vinyle	75-01-4		7,77	2,59		2,6				2,59	13	7,77	
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0			0,05	0,1	0,05 S*		0,001 S*			C 0,1 (CrO3)	0,05 (CrVI)	
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0					0,01 IS*		0,001 IS*			C 0,1 (CrO3)***		
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8			1 (Ni)		0,1 S* (Ni)		0,015 S* (Ni)		1 S* (Ni)		0,1 S* (Ni)	
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8					0,2 IS* (Ni)		0,015 IS* (Ni)		1 IS* (Ni)		0,5 IS* (Ni)	
131	acrylonitrile	107-13-1			4,5	32,5	4,3		2,15	C 21,5***	4,3	C 21,5***	4,4	
160	benzo(a)anthracène	56-55-3					LFC*							
161	benzo(a)pyrène**	50-32-8			150.10 <sup>-6</sup>		LFC*		0,1		0,2			
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9												
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2			0,05 (Cd)		0,01 I* (Cd)		LFC*	LFC*	0,005 (Cd)		0,025 (Cd)	
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2					0,002 R* (Cd)							
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3												
277	hexachlorobenzène	118-74-1					0,002							

ID	Substances	N° CAS	IOELVs TWA (UE)	BOELVs TWA (UE)	VME (France)	VLE (France)	TLV TWA (ACGIH)	TLV STEL/CEIL (ACGIH)	REL TWA (NIOSH)	REL STEL/CEIL (NIOSH)	PEL TWA (OSHA)	PEL STEL/CEIL (OSHA)	WEL TWA (HSE)	WEL STEL (HSE)
279	hydrazine	302-01-2			0,1		0,013			C 0,04***	1,3		0,03	0,13
397	trichloroéthylène	79-01-6			405	1080	269	537	134,5	C 10,7*** G	538	C 1080***	550	820
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2												
117	acétaldéhyde	75-07-0			180			C 45***	LFC*	LFC*	360		37	92
271	formaldéhyde	50-00-0			0,63			C 0,37***	0,02	C 0,13***	0,94	2,5	2,5	2,5
342	pentachlorophénol	87-86-5			0,5		0,5		0,5		0,5			
356	plomb (chromate de)	7758-97-6		0,15 (Pb)			0,05 (Pb)							
356	plomb (chromate de)	7758-97-6			0,05 (CrVI)		0,012 (Cr)		0,001 (CrVI)				0,05 (CrVI)	
388	tétrachloroéthylène	127-18-4			335		170	685	LFC*	LFC*	685	C 1370***	345	689
398	trichlorométhane	67-66-3	10		10		49			9,78		C 240***	9,9	
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4							0,35	C 7,9	156	C 234***	3,9	
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2			40		40		4	8	400	C 800***	21	
176	bromoéthylène	593-60-2					2,2		LFC*	LFC*				
338	oxyde de propylène	75-56-9			50		4,8		LFC*	LFC*	240		12	
300	monoxyde de carbone	630-08-0			55		29		40	C 229***	55		35	232
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7			5		5		5	10	5		5	10
26	1,3-butadiène	106-99-0					4,4		LFC*	LFC*	2,21	11	22	
129	acrylamide	79-06-1			0,3		0,03		0,03		0,3		0,3	

ID	Substances	N° CAS	IOELVs TWA (UE)	BOELVs TWA (UE)	VME (France)	VLE (France)	TLV TWA (ACGIH)	TLV STEL/CEIL (ACGIH)	REL TWA (NIOSH)	REL STEL/CEIL (NIOSH)	PEL TWA (OSHA)	PEL STEL/CEIL (OSHA)	WEL TWA (HSE)	WEL STEL (HSE)
167	béryllium	7440-41-7			0,002		NIC* 0,002 I	0,01		C 0,0005***	0,002	C 0,005***	0,002	
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9					0,02		0,05		0,1		0,1 (Co)	
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6							LFC*	LFC*				
410	silice cristalline	14808-60-7			0,1		0,05		0,05				0,3	
416	biphényles polychlorés	1336-36-3											0,1	
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2												
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4					60		60		300			
413	chlorure de benzoyle	98-88-4						C 2,8***						
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7												
415	fluorure de vinyle	75-02-5					1,9		1	C 5***				
417	benzofuranne	271-89-6												
418	bromodichlorométhane	75-27-4												

\* LFC : concentration la plus basse possible, NIC : proposition de modification, S : composés solubles, IS : composés insolubles, I : fraction inhalable de l'aérosol, R : fraction respirable de l'aérosol,

\*\* pour le benzo(a)pyrène la valeur française est une recommandation de la CNAM (150 ng/m<sup>3</sup> soit 0,000150 mg/m<sup>3</sup>) les valeurs du NIOSH (0,1 mg/m<sup>3</sup>) et de l'OSHA (0,2 mg/m<sup>3</sup>) correspondent aux concentrations des composés volatiles du brai de houille solubles dans le benzène. Cette valeur n'est pas utilisée en France.

\*\*\* C : concentration plafond à ne dépasser à aucun moment, G : pour le trichloroéthylène cette valeur s'applique à l'utilisation en tant que gaz anesthésique

## **7.2 L'élaboration des indicateurs biologiques d'exposition dans les différents pays**

**Les indicateurs biologiques utilisables en France** sont indiqués dans le document ED 791 édité par l'INRS<sup>14</sup>.

Le document BIOTOX fournit le nom et la valeur de l'indicateur biologique ainsi qu'une brève fiche relative au métabolisme du produit avec une liste de références bibliographiques.

Le processus d'élaboration des IBE pour la France n'y est pas décrit.

**Le processus d'élaboration des IBE par l'ACGIH** est similaire au processus décrit pour les VLEP. La documentation relative aux IBE des différentes substances est indiquée dans le tableau 6. La consultation des documentations devrait permettre de connaître les données scientifiques utilisées par les comités de l'ACGIH pour établir les différents IBE.

**Les indicateurs biologiques d'exposition établis par le HSE britannique** (Biological monitoring guidance value ou BMGVs) sont publiés à la table 2 du document EH40/2005 du HSE<sup>15</sup>.

Des résumés figurent dans le document EH64 Summary Criteria for Occupational Exposure Limits du HSE. Des résumés figurent également dans les documents édités par le HSE lors des consultations pour l'établissement de nouvelles valeurs limites (propositions de modification de la liste des MELs et propositions de modification de la liste des OESs) (Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1999. Proposals for Maximum Exposure Limits and Occupational Exposure Standards. HSE, 2002).

Ces différents documents fournissent des éléments scientifiques permettant la compréhension du choix des IBE par l'organisme britannique.

**Les différentes valeurs en vigueur en Allemagne** sont réunies dans un document de compilation établi par le BIA<sup>16</sup>. Ce sont les valeurs biologiques tolérées au poste de travail – BAT (mentionnées dans les Règles Techniques pour les Substances Dangereuses – TRGS 903).

---

<sup>14</sup> BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Edition INRS ED 791. Juin 2002

<sup>15</sup> EH40/2005. Workplace Exposure Limits. HSE.

<sup>16</sup> BIA-Report 1/2004: Gefahrstoffliste 2004. Gefahrstoffe am Arbeitsplatz.  
([http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf\\_datei/re1\\_2004.pdf](http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf_datei/re1_2004.pdf))



Nous avons indiqué dans le tableau 11, les IBE disponibles pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets.

**Dans le cadre des IBE, les documentations de l'ACGIH sont les seules sources documentaires que nous ayons identifiées. Leur étude permettrait de connaître les données scientifiques utilisées pour l'élaboration des IBE par cet organisme.**

### 7.3 L'élaboration des valeurs toxicologiques de référence par les différents organismes

Nous avons présenté en annexe du rapport de l'étude 02-0660/1A remis à RE.CO.R.D. en 2003, les différents types de valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles pour conduire des évaluations quantitatives du risque. Ces valeurs sont des indices toxicologiques qui caractérisent pour une substance la relation dose-réponse et sont nécessaires pour conduire des études d'évaluation quantitative du risque sanitaire.

Les VTR indiquées dans la base CMR proviennent de trois sources principales<sup>17 18 19</sup>.

A l'issue de la consultation des différentes sources nous avons indiqué plusieurs types de VTR dans la base CMR. Des explications sur la signification des différentes VTR se trouvent en annexe du rapport de l'étude 02-0660/1A.

Les différents types de VTR indiquées dans la base CMR figurent dans le tableau 13.

**Tableau 13 : Les différents types de VTR indiqués dans la base CMR**

Type VTR	Signification
DHT OMS	Dose hebdomadaire tolérable
DJT OMS	Dose journalière tolérable
MRL ATSDR	Minimal Risk Level
RfC EPA	Concentration de référence
RfD EPA	Dose de référence
RU i EPA	Risque unitaire par inhalation
RU i OMS	Risque unitaire par inhalation
RU o EPA	Risque unitaire par voie orale
TC OMS	Concentration totale
VG OMS	Valeur guide

#### 7.3.1 La base de données IRIS pour l'évaluation du risque de l'EPA

Le système IRIS (Integrated Risk Information System, Database for Risk assessment) de l'US EPA (U.S. Environmental Protection Agency) est une base de données électronique qui contient des informations sur les effets sanitaires qui peuvent résulter de l'exposition à divers polluants de l'environnement.

Les connaissances par substance se présentent sous la forme de résumés (IRIS summary) qui comportent les informations descriptives et quantitatives suivantes :

<sup>17</sup> IRIS, Integrated Risk Information System. US-EPA. Mise à jour 02/12/2004 <http://www.epa.gov/iris/>

<sup>18</sup> ATSDR. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances. Mise à jour 11/05/2004. <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>

<sup>19</sup> Air quality guidelines. OMS. 2000 [http://www.euro.who.int/air/Activities/20020620\\_1](http://www.euro.who.int/air/Activities/20020620_1)

- Les doses et concentrations de référence (RfDs and RfCs, respectivement) pour les effets sanitaires non cancérogènes,
- Le danger, les courbes et valeurs de risque unitaire pour les effets cancérogènes.

Les informations contenues dans les résumés par substance de la Section I (Chronic Health Hazard Assessment for Noncarcinogenic Effects) et de la Section II (Carcinogenicity Assessment for Lifetime Exposure) représentent un consensus des scientifiques de l'EPA réunis par les bureaux de programmation (Program Offices) et le bureau pour la recherche et le développement (Office of Research and Development) entre 1985 et 1995. Les groupes de consensus sont connus en tant que groupe de travail des doses et concentrations de référence (RfD/RfC Work Group) et groupe de travail pour la vérification de l'évaluation des risques cancérogènes (Carcinogen Risk Assessment Verification Endeavor Work Group, or CRAVE).

Le processus de consensus passe par une interprétation de la littérature scientifique applicable aux effets sanitaires d'une substance chimique et l'emploi de méthodes pour développer des doses de référence par voie orale, des concentrations de référence par voie respiratoire, des risques unitaires ou slope factor cancérogène. Les résultats de ce travail, synthétisés dans IRIS et reproduits dans des documents spécifiques, sont soumis à une revue périodique par l'EPA. Lorsque des informations scientifiques nouvelles sont disponibles, l'EPA les passe en revue pour juger de leur pertinence et réviser les fichiers d'IRIS en conséquence.

Pour les substances nouvelles ou pour celles dont le résumé IRIS a fait l'objet d'une révision depuis 1997, l'EPA propose des documents complémentaires aux résumés IRIS accessibles sur son site (Toxicological review).

### **7.3.2 Les Toxicological profiles de l'ATSDR**

Par mandat du congrès, l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) produit des "toxicological profiles" pour les substances dangereuses trouvées dans les sites de la National Priorities List (NPL). Ces substances dangereuses sont classées sur la base de leur fréquence d'occurrence sur les sites NPL, leur toxicité, et leur potentiel d'exposition pour l'homme.

Au total, 275 Toxicological profiles ont été publiés, sont en cours de développement en tant que documents finaux, ou en tant que documents provisoires soumis à commentaire publique.

Les Toxicological profiles sont développés en deux phases.

Les documents provisoires (Drafts) sont annoncés par l'ATSDR dans le **Federal Register** ety sont soumis à commentaire publique pour une période de 90 jours.

A l'issue de cette période, l'ATSDR incorpore les commentaires au document qui devient document final publié par le National Technical Information Service (NTIS).

### **Les Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances de l'ATSDR.**

En complément des toxicological profiles, l'ATSDR développe des Minimal Risk Levels (MRLs) pour répondre au mandat qui lui a été confié par les autorités. Après discussion avec les scientifiques du

Department of Health and Human Services (HHS) et de l'EPA, l'ATSDR a choisi d'adopter la même approche que celle qui prévaut à l'EPA pour l'élaboration des valeurs de référence par substance pour les effets non cancérogènes (Reference Dose ou RfD et Reference Concentration ou RfC).

Un MRL est une estimation du niveau d'exposition quotidien de l'homme qui est vraisemblablement non susceptible de provoquer un effet non cancérogène au cours d'une période donnée. Ces niveaux sont élaborés avec l'objectif d'identifier les substances présentes sur les sites qui posent un problème sanitaire. Ils ne sont pas conçus comme des outils pour définir des niveaux de dépollution ou d'intervention.

Les Toxicological profiles comportent un examen, un résumé et une interprétation des données toxicologiques disponibles et des évaluations épidémiologiques portant sur une substance dangereuse. Au cours de l'élaboration des Toxicological profiles, l'ATSDR produit des MRLs lorsque l'agence considère que des données fiables suffisantes existent pour identifier l'organe cible d'un effet ou l'effet sanitaire le plus sensible pour une durée et un voie donnée d'exposition à une substance. Les MRLs sont fondées sur des effets non cancérogènes et ne prennent pas en compte es effets cancérogènes.

Les valeurs des MRLs proposées subissent un rigoureux processus de revue. Elles sont passées en revue par le groupe de travail Effets sur la santé/MRL de la division Toxicologie ; un panel d'experts extérieurs ; le groupe MRL de l'agence, avec la participation d'autres agences fédérales, dont l'EPA, et sont soumises aux commentaires publics lors de l'élaboration des Toxicological profiles.

Chaque MRL peut être modifié lorsqu'une nouvelle information est communiquée à l'occasion de la mise à jour du Toxicological profile de la substance. A ce jour, 112 MRLs par inhalation et 198 MRLs par voie orale ont été dérivés.

### **7.3.3 Les directives de qualité de l'air pour l'Europe de l'OMS<sup>20</sup>**

Le précédent document publié par l'OMS datait de 1987. Depuis, des données scientifiques nouvelles dans le domaine de la pollution de l'air, de la toxicologie et de l'épidémiologie ont émergés et de nouveaux développements des méthodes d'évaluation des risques sont apparus. Une révision des directives existantes a été entreprise par l'unité de la qualité de l'air du centre européen pour l'environnement et la santé de l'OMS (Air Quality Unit of the WHO European Centre for Environment and Health). Le travail a été accompli grâce à la participation de nombreux experts au sein des groupes de travail chargés d'évaluer les chapitres provisoires relatifs aux différents polluants de l'air.

La seconde édition des directives sur la qualité de l'air pour l'Europe ([Air Quality Guidelines for Europe](#)) est publiée parmi les publications de l'OMS (WHO Regional Publications, European Series, No. 91).

Le rapport contient les évaluations des risques pour l'homme relatives à 35 polluants de l'air. Après une brève présentation de la substance, de ses sources et de sa présence dans l'air ambiant, les évaluations comportent des chapitres détaillés sur les voies d'exposition, la toxicocinétique et les effets sur la santé. Le

---

<sup>20</sup> WHO Air Quality Guidelines for Europe 2<sup>nd</sup> edition. *2nd Edition Regional Office for Europe, 2000*

chapitre traitant de l'évaluation du risque pour l'homme clôt l'évaluation qui conclue ensuite sur la possibilité ou non de produire une valeur guide qualité de l'air pour le polluant en question (Air quality guideline value).

Nous avons indiqué dans le tableau 14, pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets, la disponibilité des documents suivants respectivement pour les trois organismes (EPA, ATSDR et OMS) :

- résumés dans la base IRIS (IRIS summary) et document de révision (Toxicological review),
- Toxicological profiles,
- documents d'évaluation des risques pour la santé humaine dans les directives de qualité de l'air.

Tous ces documents sont accessibles sur les sites respectifs des trois organismes.

Nous avons indiqué également dans le tableau 15, les valeurs de risque unitaire pour une exposition par voie orale établies par l'US-EPA et présentés sur le site de la base IRIS concernant les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets.

**Tableau 14 : Documentations relatives aux VTR établies par les différents organismes pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	IRIS	ATSDR	OMS
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
154	benzène	71-43-2	Sum. + ToxRev.	MRL + ToxProf.	EHRisk
155	benzidine	92-87-5	Sum.	ToxProf.	
218	chlorure de vinyle	75-01-4	Sum. + ToxRev.	MRL + ToxProf.	EHRisk
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	Sum. + ToxRev.	MRL + ToxProf.	EHRisk
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
131	acrylonitrile	107-13-1	Sum.	MRL + ToxProf.	
160	benzo(a)anthracène	56-55-3	Sum.	ToxProf.	EHRisk
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	Sum.	ToxProf.	EHRisk
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Sum.	ToxProf.	EHRisk
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Sum.	ToxProf.	EHRisk
277	hexachlorobenzène	118-74-1	Sum.	MRL + ToxProf.	
279	hydrazine	302-01-2	Sum.	MRL + ToxProf.	
397	trichloroéthylène	79-01-6	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2	Sum.	ToxProf.	
117	acétaldéhyde	75-07-0	Sum.		
271	formaldéhyde	50-00-0	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
342	pentachlorophénol	87-86-5	Sum.	MRL + ToxProf.	
356	plomb (chromate de)	7758-97-6			
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
398	trichlorométhane	67-66-3	Sum.	MRL + ToxProf.	
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4	Sum. + ToxRev.	ToxProf.	
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
176	bromoéthylène	593-60-2	Sum.		
338	oxyde de propylène	75-56-9	Sum.		
300	monoxyde de carbone	630-08-0			EHRisk
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	Sum.	MRL + ToxProf.	
26	1,3-butadiène	106-99-0	Sum. + ToxRev.	ToxProf.	EHRisk
129	acrylamide	79-06-1	Sum.		
167	béryllium	7440-41-7	Sum. + ToxRev.	MRL + ToxProf.	
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9			
	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6		MRL + ToxProf.	EHRisk
	silice cristalline	14808-60-7			
	biphényles polychlorés	1336-36-3	Sum.	MRL + ToxProf.	EHRisk
	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2			
	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	Sum.	MRL + ToxProf.	
	chlorure de benzoyle	98-88-4			
	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7			
	fluorure de vinyle	75-02-5			
	benzofuranne	271-89-6			
	bromodichlorométhane	75-27-4	Sum.	MRL + ToxProf.	

**Tableau 15 : VTR pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets**

ID	Substances	N° CAS	RUi (Source Base IRIS)
148	arsenic (trioxyde de di-)	1327-53-3	4,3.10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
154	benzène	71-43-2	2,2 à 7,8.10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
155	benzidine	92-87-5	
218	chlorure de vinyle	75-01-4	
220	chrome (trioxyde de)	1333-82-0	1,2.10 <sup>-2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1 (CrVI)
317	nickel (dioxyde de)	12035-36-8	
131	acrylonitrile	107-13-1	6,8.10 <sup>-5</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
160	benzo(a)anthracène	56-55-3	
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	8,7.10 <sup>-2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
161	benzo(a)pyrène	50-32-8	7,3 (mg/kg.j)-1
165	benzo(k)fluoranthène	207-08-9	
189	cadmium (chlorure de)	10108-64-2	1,8.10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>
238	dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	
277	hexachlorobenzène	118-74-1	4,6.10 <sup>-4</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
279	hydrazine	302-01-2	4,9.10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
397	trichloroéthylène	79-01-6	
55	2,4,6-trichlorophénol	88-06-2	3,1.10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
117	acétaldéhyde	75-07-0	
271	formaldéhyde	50-00-0	2,2.10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
342	pentachlorophénol	87-86-5	
356	plomb (chromate de)	7758-97-6	1,2.10 <sup>-2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1 (CrVI)
388	tétrachloroéthylène	127-18-4	
398	trichlorométhane	67-66-3	
18	dibromo 1,2-éthane	106-93-4	3,0.10 <sup>-4</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
19	dichloro 1,2-éthane	107-06-2	
176	bromoéthylène	593-60-2	3,7.10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
338	oxyde de propylène	75-56-9	
300	monoxyde de carbone	630-08-0	
350	phtalate de bis(2-éthylhexyle)	117-81-7	
26	1,3-butadiène	106-99-0	3,0.10 <sup>-5</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
129	acrylamide	79-06-1	1,3.10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
167	béryllium	7440-41-7	2,4.10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
224	dichlorure de cobalt	7646-79-9	
409	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	
410	silice cristalline	14808-60-7	
416	biphényles polychlorés	1336-36-3	1,0.10 <sup>-4</sup> (µg/m <sup>3</sup> )-1
411	4-chloro-ortho-toluidine	95-69-2	
412	1,2,3-trichloropropane	96-18-4	
413	chlorure de benzoyle	98-88-4	
414	phosphate de tris(dibromo-2,3 propyle)	126-72-7	
415	fluorure de vinyle	75-02-5	
417	benzofuranne	271-89-6	
418	bromodichlorométhane	75-27-4	

#### **7.4 Conclusions concernant l'accès aux données scientifiques pour l'élaboration des valeurs de référence par les différents organismes**

Dans le cadre de la seconde phase de l'étude RE.CO.R.D. relative à l'identification des risques CMR pour les filières de traitement des déchets (04-0660/2A), nous avons recherché les sources de données qui permettraient de savoir sur la base de quelles données scientifiques les différents organismes élaborent les valeurs de référence qu'ils publient (Valeurs limites d'exposition pour le milieu professionnel, indicateurs biologiques d'exposition et valeurs toxicologiques de référence).

Pour cette recherche, nous nous sommes limités à trois pays (France, USA et Grande Bretagne) et avons retenu les principaux organismes de ces pays pour chaque type de valeur de référence (INRS en France, OSHA, NIOSH et ACGIH aux USA, HSE en Grande Bretagne pour les VLEP et les IBE), (EPA et ATSDR pour les VTR, ainsi que l'OMS).

Nous avons pu constater qu'en dépit de cette limitation, les documents pertinents et accessibles sont très nombreux.

Une autre limitation à ce travail a consisté à leur faire porter uniquement sur les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets, telles que définies dans le rapport de l'étude 02-0660/1A remis à RE.CO.R.D. en 2003.

Le présent rapport indique dans différents tableaux, les documents qui contiennent les références scientifiques qui concourent à l'élaboration des valeurs de référence (VLEP, IBE et VTR) et sont publiés par les différents organismes en France, aux USA et en Grande-Bretagne.

Suite à la recherche effectuée, il est possible de considérer que l'accès aux données scientifiques n'existe pas en France. En effet, la consultation des documents publiés par l'INRS, la consultation du site de l'organisme et la demande effectuée directement auprès des services de l'INRS ne permet pas d'identifier une documentation donnant accès à de telles données.

Par contre, aux USA, pour les VLEP, le NIOSH et l'ACGIH fournissent pour les différentes substances concernées des documents de qualité.

Les documents du NIOSH mentionnent, bien que de façon variable selon l'époque de leur rédaction, les relations exposition/effet sur lesquelles les membres du NIOSH se sont fondés pour élaborer les valeurs limites recommandées (RELs) dans le cadre des directives en matière de santé au travail pour les substances chimiques dangereuses (Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards).

Les experts réunis par l'ACGIH au sein des comités passent en revue les données scientifiques disponibles. Ils développent une documentation écrite qui inclut l'expression d'une opinion scientifique, une description des bases rationnelles mais aussi des limites aux conclusions auxquelles parvient l'ACGIH. La documentation fournit la liste de toutes les publications sur lesquelles se fonde l'opinion scientifique de l'ACGIH.



L'accès aux documentations élaborées par l'ACGIH, qui nécessite leur achat préalable, permettra de connaître les données scientifiques sur lesquelles les membres de l'ACGIH se sont fondés pour élaborer les valeurs limites d'exposition (TLVs) et les indicateurs biologiques d'exposition (BEIs) publiés par l'organisme.

Les documents édités par le HSE auxquels nous avons eu accès permettent de savoir sur la base de quelles données scientifiques, relatives notamment aux relations exposition/effet, les membres de la commission pour la santé et la sécurité (Health and Safety Commission ou HSC) établissent les valeurs limites en milieu de travail (Workplace Exposure Limits ou WELs) publiées en Grande Bretagne.

Une comparaison des VLEP établies par les différents organismes pour les 42 substances d'intérêt pour l'évaluation des risques CMR des travailleurs des filières de traitement des déchets, montre bien que les différentes approches suivies par les organismes aboutissent à des VLEP sensiblement différentes (Cf tableau 10).

Les valeurs établies d'un point de vue réglementaire sont en général plus élevées, notamment en France et en Grande-Bretagne, où les valeurs sont plus proches de celles de l'OSHA, organisme réglementaire des USA que de celles de l'ACGIH ou du NIOSH, organismes qui indiquent se fonder sur des considérations essentiellement scientifiques (ACGIH) ou pertinentes vis-à-vis du danger (NIOSH)..

Pour les IBE, l'ACGIH fournit la seule source des données scientifiques utilisées par l'organisme. L'accès à la documentation relative aux BEIs de l'organisme permettrait de faire les mêmes vérifications qu'en ce qui concerne les VLEP élaborées par cet organisme. Les documents édités par le HSE concernent également l'élaboration des IBE et fournissent des données scientifiques utiles à la compréhension de l'élaboration de ces indicateurs par l'organisme.

Dans le cadre des VTR, tous les organismes consultés (EPA, ATSDR et OMS) fournissent des documents de grande qualité scientifique à l'appui de leur démarche d'élaboration des valeurs de référence.

L'exploitation de ces nombreux documents permettrait d'identifier les données scientifiques relatives aux relations dose/réponse qui ont été utilisées pour l'élaboration des valeurs de référence et les effets critiques considérés.