

# Contexte et cadre réglementaire de la gestion des sédiments de dragage



# CONTEXTE ET CADRE REGLEMENTAIRE DE LA GESTION DES SEDIMENTS DE DRAGAGE

PREMIER CHAPITRE DE L'ETUDE  
IMPACTS ECOLOGIQUES DE SEDIMENTS POLLUES  
EXTRAITS ET DEPOSES EN MILIEUX TERRESTRES

## EXTRAIT DU RAPPORT FINAL

mai 2017

A. HAYET, A. DERAM, D. BOHAIN – ILIS - Université de Lille 2



Université  
de Lille  
2  
DROIT  
ET SANTÉ

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**, Impacts écologiques de sédiments pollués extraits et déposés en milieux terrestres. Etat des connaissances et évaluation des risques pour les écosystèmes, 2017, 308 p, n°14-1023/1A

© RECORD, 2017

**Comité de suivi de l'étude :**

Violaine BROCHIER – EDF, Julie CHARTON-BISSETTA – EDF, Bénédicte COUFFIGNAL – RECORD, Karine FAUCHER – TOTAL, Cécile GRAND – ADEME, Grégory LANFREY – SOCOTEC, Thierry MEUNIER – SECHE ENVIRONNEMENT

## TABLE DES MATIERES

Avant-propos.....	7
Introduction.....	8
Partie 1 : Cadre réglementaire .....	10
I. A l'échelle internationale .....	10
II. A l'échelle communautaire .....	12
III. Au niveau national .....	19
IV. Discussion .....	45
V. Conclusion de la partie I.....	47
Partie 2. Etat des lieux des pratiques et enjeux de la gestion à terre des sédiments.....	49
I. Les principaux traitements des sédiments de dragage .....	49
II. Mise en dépôt des sédiments à terre.....	51
III. Les filières de valorisation.....	52
IV. Le stockage.....	60
Partie 3 : Mise en place d'une enquête à destination des acteurs de la gestion des sédiments de dragage.....	61
I. Matériel et méthode.....	61
II. Résultats .....	63
III. Discussion – Conclusion de la partie 3.....	79
Conclusion .....	84
En résumé.....	85
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>86</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>123</b>
Annexe 1 : Questionnaire soumis en ligne <i>via</i> « Google Form » .....	123
Annexe 2 : Mail personnalisé accompagnant l'envoi du questionnaire.....	134

## LISTE DES ABREVIATIONS

ARR : Analyse des Risques Résiduels  
AVS : Acid Volatil Sulfide  
BEBA : Biological Effects-Based Assessment  
BSD : Bordereau de Suivi des Déchets  
BTEX : Benzène Toluène Ethylbenzène Xylène  
CE : Code de l'Environnement  
CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec  
CEC : Capacité d'Echange Cationique  
CEFAS : Center for Environment Fisheries and Aquaculture Science  
CLP : Classifying Labelling Packaging  
COT : Carbone Organique Total  
CRA : Cumulative Risk Assessment  
DBO : Demande Biologique en Oxygène  
DCE : Directive Cadre sur l'Eau  
DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin  
DDT : Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane  
DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer  
DDE : Dichloro-Diphényl-Ethylène  
DDD : Dichloro-Diphényl-Dichloroéthane  
DJE : Dose Journalière d'Exposition  
DND : Déchets Non Dangereux  
Eco-SSL : Ecological Soil Screening Level  
EDR : Evaluation Détaillée des Risques  
EI : Etude d'Impact  
ERA : Environmental Risk Assessment  
éRé : évaluation des Risques pour les écosystèmes  
ERS : Evaluation des Risques Sanitaires  
ESR : Evaluation Simplifiée des Risques  
ET : Elément Trace  
ETM : Elément Trace Métallique  
FPM : Faible Poids Moléculaire  
GEODE : Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement  
GPMD : Grand Port Maritime de Dunkerque  
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques  
HC : HydroCarbures  
HPM : Haut Poids Moléculaire  
IBGN : Indice Biologique Global Normalisé  
IBQS : Indice Biologique de la Qualité des Sols  
IBMR : Indice Biologique Macrophytique en Rivière  
IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux  
IPR : Indice Poisson Rivière

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement  
IS : Installation de Stockage  
ISD : Installation de Stockage de Déchets  
ISDD : Installation de Stockage de Déchets Dangereux  
ISDI : Installation de Stockage de Déchets Inertes  
ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux  
LOE : Line Of Evidence  
LOEC : Lowest Observed Effect Concentration  
MCDA : Multi-Criteria Decision Analysis  
MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable  
MEEM : Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer  
MMO : Marine Management Organisation  
MO : Matière Organique  
NOEC : No Observed Effect Concentration  
NQE : Norme de Qualité Environnementale  
NQEp : Norme de Qualité Environnementale provisoire  
NSP : Ne Se Prononce pas  
PCB : PolyChloroBiphényle  
PCB-DL : PolyChloroBiphényle Dioxin-Like  
PCB-NDL : PolyChloroBiphényle Non Dioxin-Like  
PCDD : PolyChloroDibenzoDioxine  
PCDF : PolyChloroDibenzoDifurane  
PEC : Predictive Environmental Concentration  
PNEC : Predictive No effect Concentration  
POP : Polluants Organiques Persistants  
PSEE : Polluants Spécifiques à l'Etat Ecologique  
QR : Quotient de Risque  
SDAGE : Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux  
SDP : Substances Dangereuses Prioritaires  
SP : Substances Prioritaires  
SPAS : Substances Prioritaires A Surveiller  
SQG : Sediment Quality Guidelines  
SQV : Sediment Quality Values  
SSP : Sites et Sols Pollués  
TBT : Tributylétain  
TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes  
TGD : Technical Guidance Document  
TP : Travaux Publics  
VTR : Valeur Toxicologique de Référence  
WOE : Weight Of Evidence

## INDEX DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : CADRE COMMUNAUTAIRE COMMUN ET DIFFERENCES NATIONALES	14
FIGURE 2 : LOGIGRAMME DE DECISION POUR LA GESTION DES SEDIMENTS	22
FIGURE 3 : SYNTHESE SUR LE CLASSEMENT ICPE DES SEDIMENTS GERES A TERRE (HORS VALORISATION)	27
FIGURE 4 : SYNTHESE DU DEVENIR DES SEDIMENTS EN FONCTION DE LEURS DIFFERENTES CARACTERISTIQUES (INSPIRE DE DDTM FINISTERE & DREAL BRETAGNE, 2013)	29
FIGURE 5 : ITINERAIRE REGLEMENTAIRE DES SEDIMENTS GERES A TERRE	30
FIGURE 6 : SYNTHESE DES REGLEMENTATIONS ENCADRANT LES FILIERES DE VALORISATION A TERRE DES SEDIMENTS	31
FIGURE 7 : PISTE CYCLABLE DU MONT SAINT MICHEL ELABOREE A L'AIDE DE 70 000 M <sup>3</sup> DE SEDIMENTS (ANGER, 2014)	55
FIGURE 8 : VUE AERIENNE DU SITE DE REMBLAIEMENT EXPERIMENTAL DE LA BALLASTIERE D'YVILLE SUR SEINE (EN AVAL DE ROUEN) (JOURNAL NATURE, 2013)	56
FIGURE 9 : EXEMPLES DE MOBILIER URBAIN ELABORE A PARTIR DE SEDIMENTS : A GAUCHE ACROPODES (AQUA ET AL., 2013) ; AU CENTRE BLOC BETON / BRISES-VAGUES A DUNKERQUE (HERMAN ET AL., 2014A) ; A DROITE SUPPORT DE VELO MODULABLE (SITA NORD & DOUBLET, 2014)	57
FIGURE 10 : ECO-MODELE PAYSAGER REALISE AU GRAND PORT MARITIME DE DUNKERQUE (HERMAN ET AL., 2014A)	57
FIGURE 13 : SONDAJE SUR UN RETOUR D'EXPERIENCE DE VALORISATION A TERRE DES SEDIMENTS	63
FIGURE 14 : REPARTITION DES DIFFERENTS SECTEURS D'ACTIVITES DES REPENDANTS AYANT UN RETOUR D'EXPERIENCE SUR DES PROJETS DE VALORISATION DE SEDIMENTS	64
FIGURE 15 : SONDAJE CONCERNANT LA PERTINENCE D'ANALYSES SUPPLEMENTAIRES	64
FIGURE 16 : SONDAJE SUR DES ANALYSES EFFECTIVEMENT REALISEES LORS D'UN DRAGAGE	65
FIGURE 17 : SONDAJE SUR LA REALISATION DES TESTS ECOTOXICOLOGIQUES	66
FIGURE 18 : SONDAJE SUR LA CONNAISSANCE DE REALISATION DES FILIERES DE VALORISATION	68
FIGURE 19 : SONDAJE SUR LA PARTICIPATION A LA REALISATION D'UN ECO-MODELE PAYSAGER	69
FIGURE 20 : SONDAJE SUR LA NATURE DES SEDIMENTS UTILISES	69
FIGURE 21 : SONDAJE SUR LES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES UTILISEES POUR LA REALISATION DE L'ECO- MODELE PAYSAGER	70
FIGURE 22 : SONDAJE SUR LE RECOURS A D'AUTRE(S) MATERIAU(X) QUE DES SEDIMENTS DANS LA REALISATION D'ECO-MODELE PAYSAGER	71
FIGURE 23 : SONDAJE SUR LE MODE DE REALISATION DE L'ECO-MODELE PAYSAGER	71
FIGURE 24 : SONDAJE SUR LA MANIERE DE FAVORISER LA VEGETALISATION SUR DES ECO-MODELES PAYSAGERS	72
FIGURE 25 : SONDAJE SUR LA PERTINENCE D'EFFECTUER UN SUIVI A L'ISSUE DE LA VALORISATION	73
FIGURE 26 : SONDAJE SUR LA NECESSITE D'INCLURE DES AMENAGEMENTS SPECIFIQUES	74
FIGURE 27 : SONDAJE SUR L'EXISTENCE D'UN RISQUE ECOLOGIQUE A L'ISSUE DE LA VALORISATION	75
FIGURE 28 : SONDAJE SUR LA CONNAISSANCE DE L'ERE	77
FIGURE 29 : SONDAJE SUR L'UTILITE D'UN GUIDE POUR LA REALISATION DES ERE	78

## INDEX DES TABLEAUX

TABLEAU I : DESCRIPTEURS DU BON ETAT ECOLOGIQUE DEFINIS PAR LA DCSMM APPLICABLES AUX ACTIVITES DE DRAGAGE ET A LA GESTION DES SEDIMENTS DRAGUES (D'APRES MEDD, 2012 DCSMM) .....	13
TABLEAU II : SYNTHESE DES CONDITIONS D'UTILISATION DES SEUILS N1 ET N2 DEFINIES PAR LA CIRCULAIRE N°2000-62 DU 14 JUIN 2000 .....	19
TABLEAU III : NIVEAUX RELATIFS AUX ELEMENTS TRACES, EN MG/KG DE SEDIMENT SEC ANALYSE SUR LA FRACTION INFERIEURE A 2 MM .....	20
TABLEAU IV : NIVEAUX RELATIFS AUX POLYCHLOROBIPHENYLES (PCB), EN µG/KG DE SEDIMENT SEC ANALYSE SUR LA FRACTION INFERIEURE A 2 MM .....	20
TABLEAU V : NIVEAUX RELATIFS AUX HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP), EN µG/KG DE SEDIMENT SEC ANALYSE SUR LA FRACTION INFERIEURE A 2 MM .....	21
TABLEAU VI : NIVEAUX RELATIFS AU TRIBUTYLETAIN (TBT), (EN µG/KG DE SEDIMENT SEC ANALYSE SUR LA FRACTION INFERIEURE A 2 MM) .....	21
TABLEAU VII : NIVEAUX RELATIFS AUX ELEMENTS ET COMPOSES TRACES, EN MG/KG DE SEDIMENT SEC ANALYSE SUR LA FRACTION INFERIEURE A 2 MM) .....	21
TABLEAU VIII : RUBRIQUES ICPE SELON L'OPERATION ET LA DANGEROUSITE DU SEDIMENT.....	26
TABLEAU IX : EXEMPLES DE FILIERES DE VALORISATION DE SEDIMENTS SOUMISES A LA LOI SUR L'EAU.....	28
TABLEAU X : VALEURS LIMITE (MG/KG MS) PRECONISEES PAR L'ARRETE DU 28/10/2010 – TESTS DE LIXIVIATION NF EN 12 457-2.....	34
TABLEAU XI : VALEURS LIMITE (MG.KG DECHET SEC) PRECONISEES PAR L'ARRETE DU 28/10/2010 – ANALYSES EN CONTENU TOTAL .....	34
TABLEAU XII : RECAPITULATIF DES REGLEMENTATIONS ENCADRANT LES FILIERES DE VALORISATION A TERRE DES SEDIMENTS.....	42
TABLEAU XIII : LIMITES DE LA REGLEMENTATION POUR LA GESTION A TERRE DES SEDIMENTS.....	44
TABLEAU XIV : COMPARAISON DES SEUILS POUR QUELQUES ELEMENTS TRACES POUR DIFFERENTS PAYS DE L'UE (D'APRES LE GAC ET AL., 2011).....	45
TABLEAU XV : OBJECTIFS ET EFFICACITE DES PRINCIPAUX PRE-TRAITEMENTS ET TRAITEMENTS DE SEDIMENTS CONTAMINES .....	51
TABLEAU XVI : RESULTAT SUR LA PERTINENCE DE REALISER UNE CARACTERISATION DES SEDIMENTS A L'ISSUE DE LA PHASE DE STOCKAGE.....	67
TABLEAU XVII : SONDRAGE SUR L'AGE DES SEDIMENTS UTILISES.....	70
TABLEAU XVIII : COMBINAISON DES DIFFERENTS MOYENS DE FAVORISER LA VEGETATION.....	72
TABLEAU XIX : SONDRAGE SUR LES AVANTAGES DES AMENAGEMENTS PAYSAGERS .....	73
TABLEAU XX : HIERARCHISATION DES FINALITES DE L'ERE EN FONCTION DES CRITERES D'INTERET .....	77

## AVANT-PROPOS

---

Le présent document constitue le premier chapitre du projet RECORD intitulé « Impacts écologiques de sédiments pollués extraits et déposés en milieux terrestres. Etat des lieux et évaluation des risques pour les écosystèmes ». L'ensemble des résultats de ce projet est regroupé dans un rapport final sous la référence 14-1023/1A.

Afin de situer le contexte dans lequel s'inscrit ce projet, un état des lieux, se voulant le plus exhaustif possible, de la réglementation inhérente aux sédiments et en particuliers à la gestion à terre des sédiments a été réalisé.

Comme cité précédemment, ce travail constitue le premier chapitre de l'étude globale et est repris, seul, dans le présent document. Cette scission a été opérée en raison de la portée de ce chapitre probablement plus large que celle de l'étude dans sa globalité. De plus, sa présentation synthétique et didactique grâce aux nombreux logigrammes réalisés lui confère un caractère pédagogique facilitant la compréhension d'un contexte réglementaire le plus souvent perçu comme très complexe par les divers acteurs de la filière.

*NB* : La réglementation dans ce domaine en plein essor évolue rapidement. De fait, il est important de souligner que le présent rapport correspond à l'état des lieux de la réglementation à date du 1er juillet 2016. Ainsi, au moment de la parution de ce document, des normes, des textes de lois et leur mise en application ont pu évoluer.

## INTRODUCTION

---

### CONTEXTE DU PROJET

Chaque année en France, des opérations de dragage sont menées afin d'entretenir les voies navigables, de restaurer les voies d'eau et/ou d'améliorer la qualité du milieu aquatique marin ou continental. Ce sont 40 à 50 millions de m<sup>3</sup> de matériaux qui sont extraits chaque année (Charrasse, 2013), dont 90 % concernent des dragages maritimes des ports estuariens (rapport final, Gr 11 du Grenelle de la Mer, 2010). Depuis le début des années 2000, la réglementation a été renforcée dans ce domaine et oblige désormais une évaluation systématique de la qualité physico-chimique des sédiments préalablement à toute opération de dragage. Des seuils ont été définis aussi bien pour le milieu aquatique marin que continental. Ainsi, les caractéristiques et en particulier le niveau de contamination des sédiments permettent d'orienter ceux-ci vers le mode de gestion jugé le plus adapté. Actuellement 90 à 95 % des matériaux de dragage sont immergés, les zones d'immersion étant réglementées et soumises à arrêté préfectoral. Le reste des matériaux, soit environ sept millions de m<sup>3</sup> par an, est orienté vers des filières de gestion à terre où selon leurs caractéristiques ils pourront être traités, stockés ou valorisés.

La problématique relative à la gestion des sédiments gérés à terre est récente et a suscité de nombreuses réflexions au sein de la communauté scientifique mais également chez les gestionnaires, notamment des zones portuaires. Cet intérêt s'est notamment traduit par l'émergence de nombreux projets de recherche, tels que Sedimard, Sedigest, *etc.* Les connaissances et retours d'expérience acquis ces dernières années ont permis une avancée considérable en matière de gestion et de valorisation des sédiments de dragage. Néanmoins, certaines questions subsistent. L'une d'entre elles concerne l'évaluation des impacts sur l'écosystème des sédiments de dragage pollués et déposés en milieu terrestre.

### POSITIONNEMENT DE L'ETUDE

Notre analyse de la littérature scientifique s'est essentiellement centrée sur une période de 10 ans soit entre 2005 et 2015. Néanmoins, lorsque cela s'est avéré pertinent, nous avons retenu des documents plus anciens en respectant une ancienneté maximale de 20 ans.

Le contexte de la présente étude concerne l'impact écologique des sédiments de dragage et/ou de curage, pollués et déposés en milieux terrestres, c'est-à-dire destinés à la « filière à terre » (par opposition à la « filière en mer », c'est-à-dire l'immersion). Cette problématique inclut les sédiments marins, portuaires et continentaux. En revanche, elle exclut la gestion et l'impact écologique du dragage sur le milieu aquatique marin ou d'eau douce.

### OBJECTIFS

Nos objectifs sont :

- définir, sur la base d'une analyse bibliographique, les caractéristiques physico-chimiques des sédiments et de leur contamination suite à leur mise en dépôt ;
- évaluer les effets des polluants sur les caractéristiques écologiques du milieu récepteur (milieu terrestre) ;

- étudier la faisabilité d'une approche éRé appliquée au cas de sédiments extraits de milieux aquatiques (eau douce, et/ou marins) et déposés au sol de façon définitive ;
- proposer une stratégie de hiérarchisation des impacts des sédiments extraits par une analyse comparative de plusieurs scénarios définis en fonction de la nature et de la qualité du milieu récepteur, de la nature des sédiments (eau douce ou marin) et de leur niveau de pollution ;
- Extraire de la littérature et de notre analyse des préconisations en matière de gestion de sédiments pollués extraits et déposés en milieu terrestre.

## *PLAN DU RAPPORT*

L'objectif de ce rapport intitulé « Contexte et cadre réglementaire de la gestion des sédiments dragage » est de situer le contexte réglementaire de la gestion à terre des sédiments de dragage.

Pour ce faire, [la première partie](#) est consacrée à la description du cadre réglementaire international, communautaire et national de la gestion à terre des sédiments, c'est-à-dire depuis le projet du dragage jusqu'à la valorisation ou le stockage à terre.

Dans [une seconde partie](#), un état des lieux des pratiques, basé sur une analyse de la littérature scientifique mais aussi sur le retour d'expérience des projets de recherche menés en particulier en Europe, est proposé.

De cette réflexion, des questions et zones d'ombre ont été mises en exergue et ont justifiées la réalisation d'une enquête auprès des acteurs de la gestion des sédiments. La méthodologie et les principaux résultats de ce sondage font l'objet de [la troisième partie](#).

## **PARTIE 1 : CADRE REGLEMENTAIRE**

---

La problématique du dragage et du devenir des sédiments contaminés est à l'interface de plusieurs enjeux des Grenelle de l'environnement et de la mer, à savoir : la protection des milieux naturels, la volonté de privilégier les transports fluviaux et maritimes et la volonté de valoriser les déchets. Elle dépasse également la seule problématique marine, puisque s'agissant notamment de la gestion terrestre des sédiments et des filières de valorisation, un lien avec les sédiments de dragage fluviaux est nécessaire.

Le Grenelle de l'Environnement encourage l'amélioration de la gestion des sédiments en limitant notamment l'impact des opérations de dragage et/ou de curage et en réduisant l'impact environnemental de la gestion à terre des sédiments. Le Grenelle de la Mer complète ces engagements et les spécifie au milieu marin et au littoral. Un groupe de travail « Sédiments de dragage » (groupe de travail n°11) a été créé pour traiter l'engagement 29 du Grenelle de la mer intitulé « Réduire les pollutions de la mer par les activités maritimes autres que le transport » et plus particulièrement l'engagement 29a intitulé « Interdire le rejet en mer des boues de dragage polluées : mettre en place une filière de traitement des boues et de récupération des macro-déchets associés » et l'engagement 29c intitulé « Faire évoluer les pratiques d'entretien des estuaires, espaces portuaires et chenaux d'accès et les modalités de gestion des sédiments et boues de dragage ».

Depuis le début des années 2000, la réglementation relative aux activités de dragage a évolué et s'est renforcée afin de mieux prendre en compte les enjeux environnementaux. Il est désormais obligatoire d'évaluer la qualité des sédiments à extraire. Cela se traduit notamment par la réalisation d'analyses physico-chimiques visant à déterminer le niveau de contamination des sédiments. Notre objectif étant d'évaluer l'impact écologique de cette pollution une fois le sédiment déposé en milieu terrestre, il est important de connaître clairement les données susceptibles d'être générées par le projet de dragage car celles-ci participent à la définition de l'état chimique initial des sédiments étudiés. Ainsi, le cadre réglementaire décrit dans le présent paragraphe se veut volontairement plus large que celui de la gestion à terre des sédiments et inclut par conséquent la réglementation relative au dragage en lui-même. En revanche, il ne prétend pas à l'exhaustivité de la réglementation en vigueur mais il reprend et analyse les principaux textes influant sur notre problématique.

Les opérations de dragage de sédiments et leur gestion en mer ou à terre sont encadrées par des dispositions réglementaires adoptées (i) au niveau international, dans le cadre de conventions internationales, (ii) au niveau communautaire dans le cadre des directives cadre sur les déchets, l'eau et sur la stratégie pour le milieu marin et (iii) au niveau national.

### **I. A l'échelle internationale**

Au niveau international, trois instruments juridiques encadrent et organisent les activités de dragage et la gestion des sédiments extraits :

- La Convention OSPAR (1992) ;

- Le Protocole de Londres ;
- La Convention de Barcelone.

Sur le plan réglementaire, ils engagent les pays signataires à respecter certaines dispositions dont l'application se traduit le plus souvent par une modification ou une mise à jour de la législation au niveau communautaire et/ou national.

En termes de gestion des sédiments, ces conventions défendent un principe général commun d'interdiction d'immersion de toute substance. Néanmoins, à titre d'exception, elles autorisent l'immersion en mer sous réserve de démontrer que les sédiments ne sont pas dangereux pour le milieu marin. La caractérisation des sédiments de dragage définie par ces conventions consiste en la comparaison de résultats d'analyses physico-chimiques avec des seuils fixés par chaque état signataire (seuils N1 et N2 pour la France).

### 1. La convention OSPAR<sup>1</sup>

La convention pour la protection sur le milieu marin de l'Atlantique Nord-Est ou convention OSPAR (1992) est l'instrument légal actuel qui guide la coopération internationale pour la protection de l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-Est.

En 2009, la commission OSPAR a publié un guide précisant les lignes directrices sur la gestion des matériaux de dragage afin que cette gestion « puisse empêcher et supprimer la pollution, conformément à l'annexe II de la Convention OSAR de 1992, et protéger les espèces et habitats de la zone maritime OSPAR, conformément à l'Annexe V » (guide OSPAR, 2009). Une partie de ce guide précise les éléments à considérer pour une caractérisation chimique, physique et biologique des matériaux de dragage (§5) et une annexe technique (annexe technique n°I) fait état des normes d'analyse nécessaire à son application.

### 2. Le Protocole de Londres

Le Protocole de Londres (1996) est une version actualisée de la Convention de Londres sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matériaux. Ce traité international encourage les pays signataires à se mettre d'accord sur le contrôle de la pollution des mers due à l'élimination des déchets depuis les navires, plate-formes... mais aussi à l'immersion de déchets, notamment les « déblais de dragage » mentionnés en annexe I.

Les engagements de la France ont notamment été traduits en droit français par le Décret n° 2006-401 du 03/04/2006 portant publication du protocole de 1996 à la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets, fait à Londres le 7 novembre 1996.

---

<sup>1</sup> OSPAR pour « Oslo-PARis » ([www.ospar.org](http://www.ospar.org))

### **3. La Convention de Barcelone**

La Convention pour la protection de la Mer Méditerranée contre la pollution engage les pays signataires à prendre, individuellement ou conjointement, toutes les mesures nécessaires pour protéger ou améliorer le milieu marin dans la zone de la mer Méditerranée en vue de contribuer à son développement durable et pour prévenir, réduire, combattre et dans toute la mesure du possible éliminer la pollution de cette zone (GEODE, 2012).

## **II. A l'échelle communautaire**

Selon le CEAMaS<sup>2</sup>, la législation pour le traitement des matériaux dragués est complexe et se situe à l'intersection des Directives Cadres européennes sur l'Eau (DCE), les déchets et la stratégie pour le milieu marin. Les procédures et les valeurs limites de contaminants utilisés pour autoriser le rejet en mer ou la gestion à terre varient considérablement d'un pays à l'autre et aucun règlement harmonisé au niveau de l'UE n'existe.

### **1. Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE**

Les opérations de dragage doivent tenir compte des objectifs de qualité de l'eau superficielle imposés par la DCE. Cette directive établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle a pour objectif de réduire les rejets et émissions de substances classées « prioritaires » (SP) et supprimer, d'ici, 2021, les rejets de substances classées comme « prioritaires dangereuses » (SDP). Les substances prioritaires et prioritaires dangereuses dans le domaine de l'eau sont listées dans l'annexe X de la DCE.

En vue d'obtenir un bon état chimique des eaux de surface et conformément aux dispositions et aux objectifs de l'article 4 de la DCE, des Normes de Qualité Environnementale (NQE) pour les substances prioritaires et certains autres polluants ont été établis dans la Directive 2013/39/UE qui concerne le bon état chimique des masses d'eau.

### **2. Directive Cadre sur les Déchets 2008/98/CE du 19 novembre 2008**

Cette directive établit un cadre juridique pour le traitement des déchets au sein de l'UE. Elle vise à protéger l'environnement et la santé humaine par la prévention des effets nocifs de la production et la gestion de déchets (GEODE, 2012). Cette directive stipule notamment que les « sédiments placés au sein des eaux de surface aux fins de gestion des eaux et des voies d'eau, de prévention des inondations, d'atténuation de leurs effets ou ceux des sécheresses ou de mise en valeur des terres sont exclus du champ d'application de la présente directive, s'il est prouvé que ces sédiments ne sont pas dangereux ». Par effet inverse, les sédiments hors d'eau dangereux sont donc considérés comme des déchets au sens de cette directive (GEODE, 2012).

---

<sup>2</sup> Le projet CEAMaS est un projet transnational promu et financé par l'Union Européenne (UE) visant à encourager la connaissance et le consensus afin de faire émerger de nouvelles solutions pour la réutilisation de sédiments marins applicables dans toute l'Europe.  
(<http://www.ceamas.eu/fr>)

### 3. Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin 2008/56/CE

La Directive Cadre « Stratégie pour le Milieu Marin » (DCSMM) 2008/56/CE du 17 juin 2008 vise à améliorer l'état de conservation de la biodiversité marine. Elle a pour objectif l'atteinte ou le maintien d'un bon état écologique du milieu marin pour 2020. Tel qu'il est défini dans la Directive, le bon état écologique du milieu marin tient compte de l'exercice d'activités humaines en mer ou à terre ayant un impact sur le milieu (MEDD, 2012 DCSMM). Les activités de dragage et les filières de valorisation sont directement concernées par la DCSMM. De plus, le bon état écologique, objectif final à atteindre, est défini sur la base de onze descripteurs qualitatifs (annexe I de la Directive, tableau I) répartis en trois catégories : descripteurs d'état, descripteurs d'impact et descripteurs de pression. Cinq des onze descripteurs proposés peuvent s'appliquer aux impacts potentiels des activités de dragage (GEODE, 2012) (Tableau I).

**Tableau I : Descripteurs du bon état écologique définis par la DCSMM applicables aux activités de dragage et à la gestion des sédiments dragués (D'après MEDD, 2012 DCSMM)**

	Description	Libellé synthétique	Type de descripteurs
D6	« le niveau d'intégrité des fonds marins garantit que la structure et les fonctions des écosystèmes sont préservées et que les écosystèmes benthiques, en particulier, ne sont pas perturbés »	Intégrité des fonds	Pression Impact
D7	« une modification permanente des conditions hydrographiques ne nuit pas aux écosystèmes marins »	Conditions hydrographiques	Pression Impact
D8	« le niveau de concentration des contaminants ne provoque pas d'effets dus à la pollution »	Contaminants / milieu	Pression Impact
D9	« les quantités de contaminants présents dans les poissons et autres fruits de mer destinés à la consommation humaine ne dépassent pas les seuils fixés par la législation communautaire ou autres normes applicables »	Contaminants /milieu	Pression
D10	« les propriétés et les quantités de déchets marins ne provoquent pas de dommages au milieu côtier et marin »	Déchets marins	Pression Impact

L'annexe III de la DCSMM, précise également que la caractérisation du milieu marin doit notamment « décrire la situation en ce qui concerne les substances chimiques, y compris les substances chimiques problématiques, la contamination des sédiments, les points chauds, les questions sanitaires et la contamination des biotes » (tableau 1, annexe III). Il y est également indiqué les pressions et impacts subis par le milieu marin dont certains peuvent être directement en lien avec une activité de dragage comme « la perte ou un dommage physique » pouvant être causé par « l'évacuation de résidus de dragage ».

### 4. Bilan : un cadre réglementaire commun mais des différences en termes d'application

D'après Le Gac *et al.* (2011), les directives européennes réglementant l'impact environnemental et la gestion des sédiments (par la définition du statut des sédiments dragués ; la caractérisation et

les filières de traitement et de valorisation ; l'impact environnemental des sédiments gérés à terre) sont les suivantes :

- Directive relative aux Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE) (97/11/EEC) ;
- Directive relative à l'évaluation stratégique environnementale (2001/42/EC) ;
- Directive Cadre sur les Déchets 2008/98/CE. La liste et les catégories de déchets cités dans le catalogue européen des déchets ont été reprises ensuite par le décret n°2002-540 dans le droit français et à l'article R.541-8 du CE. Les déblais de dragage sont actuellement classés en France d'après ce catalogue.
- Directive relative aux déchets dangereux (91/689/EEC), révisée par la Directive (94/31/EC) ;
- Directive concernant la mise en décharge des déchets (99/31/CE) ;
- Directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (2008/1/CE) ;
- Directive sur la responsabilité environnementale en ce qui concerne la prévention et la réparation des dommages environnementaux (2004/35/CE).

Ces directives permettent de fournir un cadre réglementaire commun aux pays européens en matière de dragage et apportent une réponse sur certains aspects lorsque la réglementation nationale est inexistante (<http://www.ceamas.eu/fr>). Pour autant, des différences existent entre les pays de l'UE en termes d'application et de mise en œuvre du cadre réglementaire européen, représentée dans la figure 1.

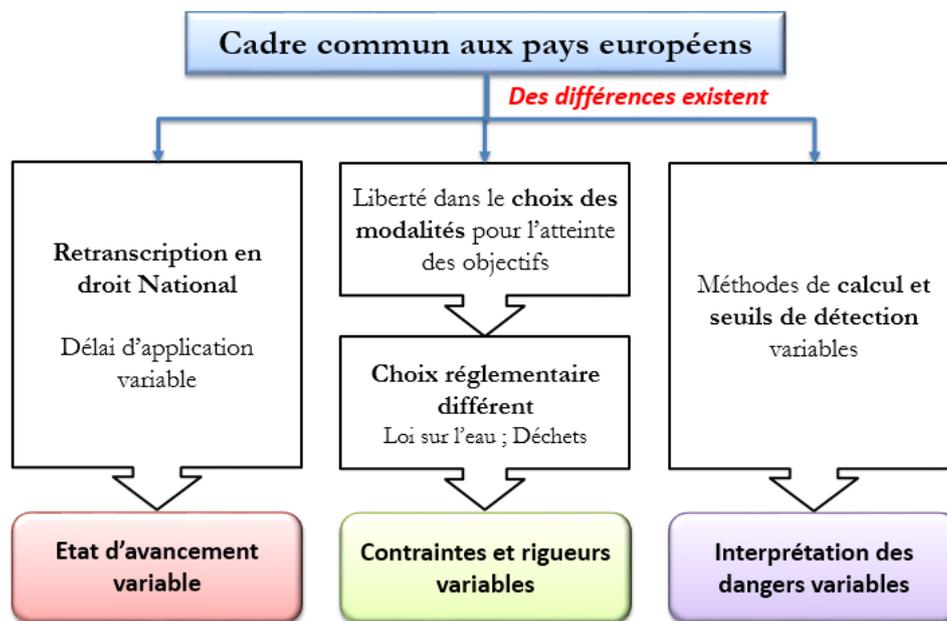


Figure 1 : Cadre communautaire commun et différences nationales

Dans la suite de notre propos, quelques exemples de mise en application sont présentés.

(i) [Au Royaume Uni](#)

L'administration de l'espace maritime en Angleterre est complexe. Elle dépend de la localisation du projet qui précise le propriétaire et le gestionnaire de l'espace maritime, ainsi que l'autorité administrative. Pour la façade Manche de l'Angleterre, la Marine Management Organisation

(MMO) joue un rôle central en tant qu'autorité et service instructeur unique, pour l'attribution des licences de dragages et de tout projet comportant l'immersion de sédiments en mer (Le Gac *et al.* 2011). La procédure pour le permis d'immersion possède deux étapes préliminaires pour évaluer la nécessité d'une étude d'impact environnemental et les analyses requises pour renforcer le dossier avant soumission à la MMO. Le Center for Environment Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS) est mandaté par la MMO pour réaliser les analyses, et utilise les niveaux de référence N1 (*Action Level 1 AL<sub>1</sub>*) et N2 (*AL<sub>2</sub>*) pour caractériser les sédiments et proposer une filière de gestion des sédiments.

Ces niveaux (*AL<sub>1</sub>* et *AL<sub>2</sub>*) ne sont pas des standards réglementaires en Angleterre et ne constituent pas un seuil d'acceptation ou non pour l'immersion. Si les concentrations en contaminants sont inférieures à *AL<sub>1</sub>*, les sédiments sont considérés comme non responsables de pollution. Pour des concentrations comprises entre les deux valeurs *AL<sub>1</sub>* et *AL<sub>2</sub>*, des études plus poussées sur les sédiments sont à envisager (augmentation du nombre d'échantillons/analyses, bioessais) ou un changement de la solution de gestion envisagée. Au-delà de la valeur *AL<sub>2</sub>*, les sédiments sont (généralement) considérés comme impropres à l'immersion, et la plupart du temps nécessitent des investigations et études supplémentaires, pouvant inclure des traitements (Röper & Netzband, 2011).

La gestion des sédiments à terre nécessite un permis environnemental et implique souvent des procédures complexes, pour trouver une filière de traitement adéquate et un site acceptant ce type de matériau. Les orientations actuelles du gouvernement visent à favoriser ces filières par rapport à l'immersion et des groupes techniques réfléchissent sur les valorisations possibles des sédiments de dragage (Le Gac *et al.* 2011).

Le texte de loi adopté en Décembre 2009 (« *Marine and Coastal Access Act 2009* ») vise à organiser les différents usages de la mer et à permettre le développement durable des activités maritimes en Angleterre. Ce texte a permis en partie de transposer la Directive Cadre européenne « Stratégie pour le Milieu Marin » (2008/56/EC), qui programme, entre autres, le retour à une bonne qualité des eaux côtières d'ici 2020 (Le Gac *et al.* 2011).

Au Royaume Uni, l'immersion des sédiments est la solution presque exclusivement employée comme filière de destination (seul 1 % est mis à terre), la demande de départ étant toujours l'autorisation ou non de l'immersion des sédiments. Le dispositif réglementaire national oriente par défaut vers cette filière, mais d'autres paramètres tels que le coût, la logistique, la proximité du site et la simplicité par rapport à leur traitement et valorisation à terre finit de justifier l'orientation vers l'immersion. En France, l'immersion est moins systématique (7 % mis à terre).

En ce qui concerne les dossiers de demande d'autorisation, il existe une différence fondamentale entre la France et l'Angleterre, celle-ci réside dans le contenu de la demande :

- ➔ Au RU, la procédure de demande de permis d'immersion est unique, payante (toute modification du projet en cours d'instruction est payante). Pour toutes autres phases d'un projet plus important qu'un simple dragage d'entretien, un permis spécifique doit être demandé auprès du service concerné. L'évaluation des impacts du projet sur l'environnement n'est pas obligatoire, cela dépend de plusieurs facteurs dont la nature du site (zone protégée) et la taille du projet. Au RU, c'est la MMO, avec l'avis du CEFAS entre autre, qui va décider du projet. A la différence de la France, le type de procédure ne

varie pas en fonction des volumes dragués ou de la contamination des sédiments. En ce qui concerne les espaces protégés, la réglementation anglaise semble poser des blocages importants qui ne sont pas rencontrés dans cette proportion en France.

- ➔ En France, la demande d'autorisation de dragage prend en compte l'ensemble du projet si ce dernier comprend d'autres phases. Il est présenté dans sa globalité sous forme d'un dossier dont la procédure diffère selon différents critères (qualité sédiments, montant du projet...) (autorisation/déclaration). Il est déposé à un unique service instructeur et présente, dans tous les cas, une justification des choix techniques et l'évaluation des impacts du projet sur l'environnement. Le service instructeur se prononce en fonction de la proposition qui lui est faite, où toutes les possibilités sont envisagées au départ et l'immersion n'est même parfois pas prise en compte.

La caractérisation des sédiments est obligatoire en France et non demandée au RU. L'interprétation qui en est faite est réalisée au cas par cas dans les deux pays mais elle est gérée uniquement par l'administration au RU alors qu'elle est d'abord étudiée par le maître d'ouvrage en France et déposée pour avis auprès de l'administration qui prendra la décision finale. Les seuils anglais découlent directement de l'avis d'experts. En France, ils ont été élaborés d'après les travaux du groupe Géode et sont pris en compte dans la réglementation française. Ils font également partie des critères qui déterminent le type de dossier à réaliser (autorisation/déclaration).

#### (ii) [Aux Pays-Bas](#)

Les matériaux dragués sont à l'intersection des réglementations sur l'eau, le sol et les déchets, la structure très complexe de la législation freinant le dragage (de Boer, 2010a). « Les sédiments ne sont pas un déchet, mais un objet de valeur, une ressource naturelle qui mérite une protection, une conservation ou même une restauration sur certains sites » (citation de SEDNET).

Une nouvelle législation sur la qualité des sols (décret de 2008) a émergé pour encourager l'utilisation de matériaux dragués pour une disposition sur les berges, la relocalisation en mer et le rechargement de carrières. La plupart des matériaux dragués peut être réutilisée, avec seulement une faible quantité devant être transférée en installation d'élimination (de Boer, 2010b).

Les Pays-Bas sont le seul pays de la mer du Nord à n'avoir qu'un seul seuil réglementaire, le « Maximal permissible concentration » (Stronkhorst & van Hattum, 2003). Ce seuil existe pour :

- les PCB, en valeur individuelle pour les sept PCB indicateurs<sup>3</sup> mais pas pour la somme (en µg/kg de poids sec) ;
- les éléments traces :
  - En plus de ceux analysés en France, il existe une valeur pour le Cérium Ce, le Lanthane La et le Néodyme Nd (en mg/kg de poids sec) ;
- les HAP, 10 contre 16 en France (en mg/kg de poids sec) ;
- les organostanniques, TBT et Tri-Phényl-étain TPhT (en µg de Sn/kg de poids sec) ;
- d'autres composés organiques en supplément de ceux réglementés en France :
  - l'aldrine, la dieldrine, l'endrine, le lindane, la somme des DDT (DDT, DDE, DDD), l'hexachlorobenzène (en µg/kg de poids sec) ;

---

<sup>3</sup> PCB 28, 53, 101, 118, 138, 153, 180

- les huiles minérales (en mg/kg de poids sec).

**Cet unique seuil est une combinaison de valeurs guides** (As, Cr, Cu, Zn, Huiles minérales) **et de seuils stricts** (Pb, Cd, Ni, Hg, somme des PCB, hexachlorobenzène, somme DDT/DDE/DDD, TBT et somme des 10 HAP) **qui sont donnés aux substances prioritaires**. Ces seuils stricts ne font pas l'objet d'exception ; pour les substances non prioritaires un excès de 50 % peut être toléré tant que cela ne concerne pas plus de deux substances (Röper & Netzband, 2011).

Les exploitants du plus grand site de stockage du pays<sup>4</sup>, le « Slufter », craignant son remplissage en 2005 ont été amenés à imaginer le retraitement des sédiments contaminés puis leur valorisation (Van Paassen, 2012). Grâce à différentes méthodes, les réutilisations possibles des sédiments sont nombreuses : talus routiers, recouvrement de décharges, création de zones naturelles et récréatives, élargissement des digues et des barrières côtières, sous-couche routière et fabrication de briques. Malgré la multiplication des possibilités d'exploitation des sédiments des questions restent en suspens, notamment en ce qui concerne l'approvisionnement en sédiments (les dragages restant des opérations ponctuelles), le coût de ces matériaux et l'acceptation sociale. Il est à noter cependant, qu'à la différence des Pays Bas, en France les sédiments dangereux ne peuvent être utilisés dans le cadre d'une valorisation, ils sont destinés à l'élimination en Installation de Stockage de Déchets Dangereux (ISDD) ou à l'incinération pour une valorisation énergétique.

### (iii) En Belgique

Deux valeurs seuils existent en Belgique : une valeur guide et une valeur seuil limite. Celles-ci ont été définies après un ajustement des données de la littérature pour une sélection de contaminants marins et sédimentaires, et également évaluées par utilisation du potentiel de bioaccumulation pour les oiseaux marins et l'Homme (Röper & Netzband, 2011).

Si les concentrations sont inférieures au premier niveau, l'immersion en mer est possible. A partir de trois valeurs de contaminants comprises entre les deux valeurs seuils, l'immersion ne sera pas possible. Il est alors suggéré de multiplier le nombre d'échantillons par un facteur cinq et d'effectuer une nouvelle analyse. Si cette seconde série d'analyses démontre une plus faible contamination un permis pour l'immersion pourra être donné. En revanche, si les résultats sont confirmés, des bioessais selon les standards internationaux sont recommandés. Leurs résultats sont vus comme un support à la décision et non comme un critère d'exclusion pour l'immersion (Röper & Netzband, 2011).

En Flandre, depuis 2001, trois arrêtés successifs du Gouvernement Flamand fixent trois catégories de gestion des sédiments en vue de leur utilisation future : en tant que terre (réhabilitation de sol), en tant que constituant ou en tant que matériau de construction à part entière. Ces catégories sont organisées à l'aide de deux valeurs, l'une de référence et l'autre d'intervention (MIE, 2014).

---

<sup>4</sup> Situé dans le port de Rotterdam

En Wallonie, depuis 2001, un arrêté permet de valoriser les boues en fonction de leurs seuils de pollution. Deux classes (A et B) se distinguent et se définissent en fonction de leur concentration en composés organiques et inorganiques. Leur valorisation à terre est conditionnée par leur siccité, (les boues sont constituées d'eau et de matières sèches, la siccité étant le pourcentage massique de matière sèche; ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %) (MIE, 2014).

#### (iv) [En Allemagne](#)

Il existe deux seuils en Allemagne :  $RW_1$  et  $RW_2$ , le  $RW_1$  correspond à l'équivalent du 90<sup>e</sup> percentile du niveau de contamination actuelle, et le  $RW_2$  correspond au  $RW_1$  multiplié par un facteur 3 (à l'exception du TBT). La taille de la zone à draguer, le volume de matériaux, la variation horizontale et verticale de l'intensité de la contamination doivent être inclus dans l'échantillonnage ; le nombre d'échantillons dépendant du volume total. Généralement les échantillons doivent être analysés individuellement ; une analyse combinée étant possible dans certains cas spécifiques. Des bio-essais doivent être réalisés si les concentrations dépassent le  $RW_2$ , et notamment des tests sur algues marines, sur bactéries bioluminescentes et ou toxicité aigüe sur amphipode (Röper & Netzband, 2011).

Les éléments trace sont analysés sur la fraction granulométrique inférieure à 20  $\mu\text{m}$ , les contaminants organiques sur la fraction inférieure à 63  $\mu\text{m}$  (mesure indirecte depuis la concentration totale de l'échantillon et le pourcentage de la fraction inférieure à 63  $\mu\text{m}$ ). Les éléments trace analysés sont les mêmes qu'en France, de même que pour les sept PCB indicateurs, les hydrocarbures et les 16 HAP. Il existe une distinction pour le TBT : un couple de seuil  $RW_1/RW_2$  en général et un pour la mer des Wadden. En complément de ces contaminants organiques, il existe des valeurs seuils pour les hexachlorocyclohexane, l'hexachlorobenzène, le DDT/DDE/DDD. Le  $P_{\text{TOT}}$  et le  $N_{\text{TOT}}$  sont également analysés sur le sédiment et l'éluat.

#### (v) [En Norvège](#)

Les sédiments peuvent être classés en cinq catégories d'après les valeurs de quatre seuils, seuils basés sur un risque écologique. Le nombre de composés organiques analysés est important et comprend entre autre les PCDD/F, la somme des DDT/DDE/DDD, le lindane, l'hexachlorobenzène, le nonylphénol, le bisphénol A, l'irgarol (Röper & Netzband, 2011). Ces seuils ont été déduits des Directives Cadres sur l'eau, des normes de qualité environnementale et des substances prioritaires, ou encore d'autres sources telles que OSPAR, l'US-EPA ou encore de la littérature scientifique.

L'échantillonnage est dépendant de la taille de l'opération de dragage. Le système d'évaluation est développé de manière à évaluer le risque *in situ* des sédiments et de déterminer un besoin en dépollution. En général les sédiments des classes I (qualité équivalente au bruit de fond environnemental, inférieur à C1) et II (bonne qualité, entre C1 et C2) peuvent être immergés. Des sédiments de classe III (entre C2 et C3) peuvent nécessiter une évaluation plus poussée du risque sur l'environnement. La gestion de sédiments de classe IV et V requiert des programmes de dépollutions spécifiques et un suivi plus approfondi pendant les opérations (Röper & Netzband, 2011).

### III. Au niveau national

Comme nous venons de le décrire, un cadre commun existe à l'échelle communautaire. Cependant, les pays sont libres de choisir les modalités d'atteinte des objectifs fixés par l'Europe, ce qui aboutit à des choix réglementaires différents (Loi sur l'eau vs Loi sur les déchets), des méthodes de calculs et des seuils réglementaires variables aboutissant à une interprétation des dangers différente. Enfin, la retranscription en droit national peut être plus ou moins longue selon les pays, aboutissant à des avancements variables.

Dans la suite de notre propos, nous allons désormais nous intéresser au cadre réglementaire en vigueur en France en considérant la réglementation relative au dragage, à la gestion à terre des sédiments extraits et du stockage.

#### 1. Réglementation relative au dragage

Depuis la circulaire du 14 juin 2000 renforcée par l'arrêté du 8 février 2013, une opération de dragage, en milieu marin et/ou portuaire, est précédée d'une évaluation de la qualité physico-chimique des sédiments qui, selon leur niveau de contamination, seront orientés vers la filière immersion pour les sédiments considérés comme non contaminés ou vers la filière à terre pour les sédiments considérés comme contaminés (des investigations complémentaires plus ou moins approfondies sont exigées dans ce cas). L'orientation du sédiment vers l'une ou l'autre des filières est conditionnée par deux valeurs seuils nommées N1 et N2. Les conditions d'utilisation de ces valeurs-seuils sont définies dans la **Circulaire n° 2000-62 du 14 juin 2000** relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire défini par l'arrêté interministériel dont une synthèse est proposée dans le tableau II.

**Tableau II : Synthèse des conditions d'utilisation des seuils N1 et N2 définies par la Circulaire n°2000-62 du 14 juin 2000**

<b>&lt; N1</b>	Impact potentiel jugé neutre ou négligeable Valeurs mesurées comparables aux bruits de fond environnementaux  Filière immersion possible
<b>N1 &lt; _ &lt; N2</b>	Investigations complémentaires nécessaires en fonction du degré de dépassement du niveau N1 et des risques encourus pour le projet. Investigations devant être proportionnelles à l'importance de l'opération envisagée
<b>&gt; N2</b>	Impact potentiel négatif  Etude spécifique portant sur la sensibilité du milieu aux substances concernées, avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment et une évaluation de l'impact prévisible sur le milieu + Si nécessaire, affiner le maillage des prélèvements sur la zone concernée  Filière immersion susceptible d'être interdite, auquel cas => Gestion à terre des sédiments

Les tableaux suivants (III, IV, V, VI) extraits de l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement, précisent la valeur des seuils considérés.

**Tableau III : Niveaux relatifs aux éléments traces, en mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm**

<b>ÉLÉMENTS TRACES</b>	<b>NIVEAU N1</b>	<b>NIVEAU N2</b>
Arsenic	25	50
Cadmium	1,2	2,4
Chrome	90	180
Cuivre	45	90
Mercuré	0,4	0,8
Nickel	37	74
Plomb	100	200
Zinc	276	552

**Tableau IV : Niveaux relatifs aux polychlorobiphényles (PCB), en µg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm**

<b>PCB</b>	<b>NIVEAU N1</b>	<b>NIVEAU N2</b>
PCB congénère 28	5	10
PCB congénère 52	5	10
PCB congénère 101	10	20
PCB congénère 118	10	20
PCB congénère 138	20	40
PCB congénère 153	20	40
PCB congénère 180	10	20

**Tableau V : Niveaux relatifs aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), en µg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm**

<b>HAP</b>	<b>NIVEAU N1</b>	<b>NIVEAU N2</b>
Naphtalène	160	1 130
Acénaphène	15	260
Acénaphthylène	40	340
Fluorène	20	280
Anthracène	85	590
Phénanthrène	240	870
Fluoranthène	600	2 850
Pyrène	500	1 500
Benzo [a] anthracène	260	930
Chrysène	380	1 590
Benzo [b] fluoranthène	400	900
Benzo [k] fluoranthène	200	400
Benzo [a] pyrène	430	1 015
Di benzo [a,h] anthracène	60	160
Benzo [g,h,i] pérylène	1 700	5 650
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	1 700	5 650

**Tableau VI : Niveaux relatifs au tributylétain (TBT), (en µg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm)**

<b>PARAMÈTRE</b>	<b>NIVEAU N 1</b>	<b>NIVEAU N2</b>
TBT	100	400

Pour les sédiments continentaux, une évaluation de leur qualité physico-chimique doit également être effectuée préalablement aux opérations de curage. Les seuils de contamination considérés sont, dans ce cas, définis par l'arrêté du 9 août 2006 dans sa version consolidée au 11 juin 2015 (tableau VII).

**Tableau VII : Niveaux relatifs aux éléments et composés traces, en mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm)**

<b>PARAMÈTRES</b>	<b>NIVEAU S1</b>
Arsenic	30
Cadmium	2
Chrome	150
Cuivre	100
Mercure	1
Nickel	50
Plomb	100
Zinc	300
PCB totaux	0,680
HAP totaux	22,800

Pour résumer le contexte réglementaire relatif au dragage de sédiments, un logigramme de décision pour la gestion des sédiments extraits est proposé figure 2.

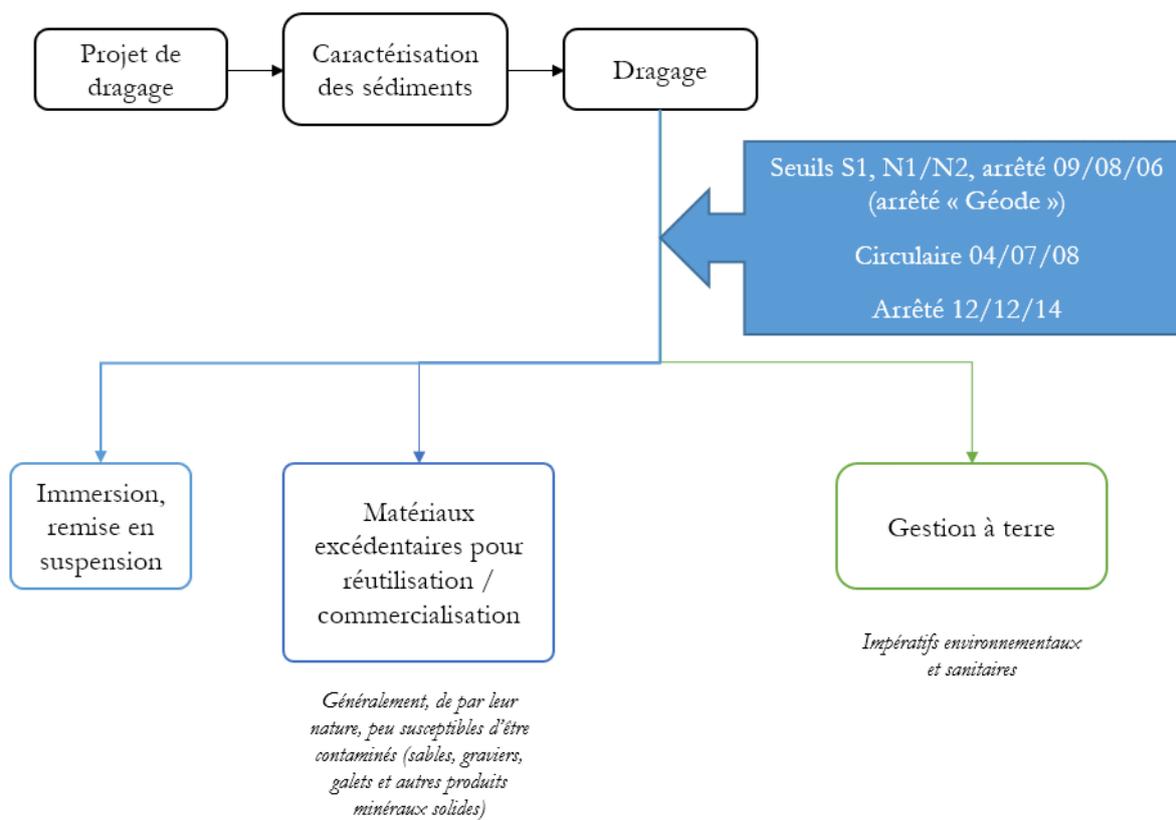


Figure 2 : Logigramme de décision pour la gestion des sédiments

## 2. Réglementation relative à la gestion à terre des sédiments de dragage

La circulaire du 4 juillet 2008 présente deux modes de gestion des sédiments dragués :

- l'immersion ou la remise en suspension dans un site choisi selon le volume, la proximité de zones conchylicoles, les niveaux de contamination, les études d'incidences Natura 2000 ;
- la gestion à terre des sédiments lorsque l'immersion ou la remise en suspension des sédiments n'est pas possible ou souhaitable. A terre, le sédiment a le statut de déchet et subit une première étape de caractérisation (inerte/ non dangereux / dangereux), avant sa valorisation ou son élimination.

Au niveau national, lorsque les déblais de dragage sont destinés à une filière terrestre, ils entrent dans la nomenclature des déchets (Décret n°2002-540 du 18 avril 2002 - Nomenclature européenne des déchets).

### a. Législation « Déchets »

Quel que soit leur devenir (filiale immersion ou gestion à terre), les sédiments extraits doivent faire l'objet d'une évaluation de la dangerosité. L'article R. 541-8 du code de l'environnement relatif à la classification des déchets définit le potentiel de dangerosité d'un sédiment. Cette

démarche aboutit à trois types de sédiments-déchets : le sédiment inerte, le sédiment non inerte et non dangereux et le sédiment non inerte et dangereux.

(i) Sédiment dangereux ou non dangereux ?

Selon l'article R. 541-8 du Code de l'Environnement, « sont considérés comme dangereux les déchets qui présentent une ou plusieurs des propriétés énumérées à l'annexe I au présent article. Ils sont signalés par un astérisque dans la liste des déchets de l'annexe II (nomenclature déchets) ». L'annexe I de ce même article spécifie qu'un déchet est dangereux s'il possède au moins une des 15 propriétés de danger (HP 1 à HP 15)<sup>5</sup>.

Néanmoins, comme le précise la note juridique du 18 septembre 2002 du MEDD, plusieurs de ces critères ne sont pas adaptés aux déblais de dragage. C'est le cas du critère HP 15 dont l'applicabilité aux sédiments-déchets fait toujours l'objet de débat. De même, l'application du critère HP 14 présente plusieurs limites car il n'existe pas de seuil réglementaire pour ce critère ni de méthodes reconnues officiellement permettant la définition de ce critère. Pour autant des protocoles ont été proposés et retenus pour leur pertinence. C'est le cas de la méthode proposée par le BRGM pour évaluer le caractère écotoxique du sédiment – déchet ; cette méthode d'évaluation de la dangerosité au regard de la propriété écotoxicologique proposée par le BRGM et applicable aux sédiments est reprise dans le guide l'INERIS-DRC-15-149793-06416A publié le 04/02/2016 (Rebischung & Hennebert, 2016). Ce protocole se base sur des tests classiques et normalisés d'écotoxicité. Il intègre des tests de toxicité aiguë ou chronique, sur matrice solide ou lixiviat, et sur des organismes aquatiques (*Vibrio fischeri*, *Daphnia magna*, *Brachionus*) et terrestres (deux végétaux : *Avena sativa* et *Brassica napus*). Dans ce guide, la démarche d'évaluation de la dangerosité des sédiments au regard de la propriété écotoxique est réalisée par une démarche graduée :

1. Une analyse des paramètres (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, PCBt, HAPt dont les valeurs à respecter correspondent au seuil S1 et à N1 pour le TBT.

Si aucune de ces valeurs n'est dépassée, les sédiments sont réputés non dangereux au regard de la propriété HP 14. Si au moins un polluant présente une valeur supérieure, des essais biologiques sont alors réalisés selon la seconde étape.

---

<sup>5</sup> L'évolution des méthodes d'analyse et des réglementations françaises et européennes applicables aux déchets a rendu nécessaire la mise à jour du guide français de référence pour l'évaluation de la dangerosité des déchets. Un guide publié en février 2016 par l'INERIS reprend les méthodes pour l'évaluation du caractère dangereux d'un déchet via les propriétés de danger suivant la Directive Cadre Déchets actuellement en application (Rebischung & Hennebert, 2016). L'objectif des récentes modifications concernant les propriétés de danger des déchets est de tenir compte du nouveau cadre réglementaire communautaire sur la classification et l'étiquetage des substances et mélanges provenant de l'application du règlement n°1272/2008, dit règlement CLP (« Classifying, Labelling, Packaging »). Avant le 1<sup>er</sup> Juin 2015, ces propriétés de danger étaient appelées H1 à H15 : la Commission européenne du 18/12/2014 a décidé de les renommer HP1 à HP15 afin d'éviter toute confusion avec les mentions de danger du règlement CLP. De plus, certaines propriétés de danger ont été renommées afin de les adapter aux modifications de la législation relative aux produits chimiques ou pour garantir une cohérence par rapport aux dénominations des autres propriétés (H15 « Substances et préparations susceptibles, après élimination, de donner naissance, par quelque moyen que ce soit, à une autre substance, par exemple un produit de lixiviation, qui possède l'une des caractéristiques énumérées ci-avant » est devenue HP15 « Déchet capable de présenter une des propriétés dangereuses susmentionnées que ne présente pas directement le déchet d'origine ») (Rebischung & Hennebert, 2016).

2. Des essais écotoxicologiques sont réalisés sur le déchet après centrifugation : deux tests sont réalisés sur l'éluat obtenu par lixiviation (suivant le protocole de lixiviation EN 12457-2, indice de classement X 30 402-2) et un test sur la matrice solide.
  - a. Sur les éluats :
    - Essai de toxicité aiguë : test d'inhibition de la luminescence de bactéries marines (*Vibrio fischeri*, NF EN ISO 11348-3) :  
valeur seuil de  $CE_{50}$  30 min < 10 % ;
    - Essai de toxicité chronique : essai d'inhibition de la croissance de la population (*Brachionus calyciflorus* en 48h, NF ISO 20266) :  
valeur seuil de  $CE_{20}$  < 1 % ;
  - b. Sur les sédiments centrifugés : Essai d'inhibition de l'émergence et de la croissance de semences par une matrice potentiellement polluée (NF EN ISO 11269-2, uniquement sur l'avoine *Avena sativa*, une monocotylédone, celui-ci étant plus discriminant que le test avec le colza) :  
valeur seuil de  $CE_{50}$  < 10 %.

Un même référentiel est utilisé pour tous les sédiments, qu'ils soient marins ou continentaux. En ce qui concerne les sédiments marins, l'usage de S1 évite d'associer une image de dangerosité potentielle à des sédiments qui dépassent N1 et dont la destination finale n'est pas obligatoirement la gestion à terre. S1 fait référence à des valeurs déterminées sur la base des propriétés écotoxicologiques de la matrice, alors que N1 et N2 résultent principalement de traitement statistique de données physico-chimiques (Mouvet, 2012). Les analyses écotoxicologiques permettent de conclure sur la toxicité du sédiment en vue d'une gestion à terre. Ainsi, une fois centrifugés, les sédiments sont testés à partir de bio-essais réalisés initialement sur une monocotylédone (*Avena sativa*) et une dicotylédone (*Brassica napus*). Des tests sur *Eisenia fetida* ont été envisagés en première intention mais les essais sur végétaux ayant montré une plus grande sensibilité de réponse (Mouvet, 2012), ils n'ont finalement pas été retenus. Pour les mêmes raisons, un seul modèle végétal, en l'occurrence *Avena sativa*, a été finalement retenu dans le protocole final.

#### (ii) Sédiment inerte ou non inerte ?

Selon l'article R. 541-8 du Code de l'Environnement, « est considéré comme inerte tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine ». Un sédiment est considéré comme « inerte » si :

- Il respecte les valeurs limites lors du test de lixiviation pour les paramètres définis à l'annexe II de l'arrêté du 28 octobre 2010 relatif aux installations de stockage des déchets inertes (abrogé et remplacé par l'arrêté du 12/12/14, relatif aux prescriptions générales applicables aux installations du régime de l'enregistrement relevant de la rubrique n°2760 de la nomenclature des ICPE) ;
- Il respecte les valeurs limites en contenu total pour les paramètres définis à l'annexe II de l'arrêté du 28 octobre 2010 relatif aux installations de stockage des déchets inertes.

Un sédiment ne respectant pas les valeurs seuils indiquées à l'annexe II est considéré comme « non inerte ».

### (iii) Mise en décharge

Selon les caractéristiques des déchets ou si aucune autre voie de traitement ne peut être envisagée, les sédiments-déchets peuvent être placés dans des installations de stockage de déchets comme suit :

- ✓ Les installations de stockage de déchets inertes (ISDI). Elles sont destinées à ne recevoir que des matériaux inertes, ce qui n'est jamais le cas avec les sédiments de dragage d'origine marine, notamment en raison de la concentration en sels ;
- ✓ Les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) sont destinées à recevoir des déchets non dangereux, représentés principalement par les ordures ménagères. Les sédiments entrent ainsi en compétition avec ce type de produits ;
- ✓ Les installations de stockage de déchets dangereux (ISDD) sont généralement intéressées par les déblais de dragage. Mais les sécurités environnementales liées à ce type d'installation sont démesurées. Par ailleurs, les coûts d'acceptation ne sont pas compatibles avec une gestion durable.

### b. Législation ICPE

Depuis le décret n°2010-369 du 13 avril 2010 modifiant la nomenclature des ICPE, le stockage et le transit des sédiments à terre les sédiments gérés à terre sont réglementés au titre de la législation relative aux ICPE. Auparavant, ils étaient encadrés réglementairement au titre de la « loi sur l'eau » dans le cadre de l'opération de dragage (DREAL NPdC, 2012). Néanmoins, si le dépôt est temporaire (sur la durée des travaux de dragage) et à proximité immédiate du chantier, il ne relève pas de la législation ICPE.

Dans la suite de notre propos, nous exposerons la réglementation nationale relative à la gestion à terre des sédiments, hors filières de valorisation, pour les sédiments inertes et non inertes. Sauf exception, ces modes de gestion relèvent de la législation ICPE. En revanche, la plupart des filières de valorisation des sédiments à terre étant soumises à la loi sur l'eau, au code de l'urbanisme et à la réglementation déchet mais n'étant pas des ICPE, elles ne seront pas développées dans ce paragraphe.

### (iv) Gestion à terre (hors valorisation) des sédiments non inertes

Les installations prenant en charge à terre les sédiments non inertes relèvent de la législation des ICPE (livre V du Code de l'Environnement). On distingue trois types d'installation :

- Tri, transit, regroupement ;
- Traitement ;
- Stockage définitif.

Le tableau VIII reprend les rubriques de la réglementation ICPE selon l'opération et le niveau de dangerosité du sédiment.

**Tableau VIII : Rubriques ICPE selon l'opération et la dangerosité du sédiment**

	N° de rubrique ICPE selon l'opération			
	Transit	Stockage	Traitement thermique	Traitement non thermique
<b>Sédiment non dangereux</b>	2716	2760-2	2771	2791
<b>Sédiment dangereux</b>	2717/2718	2760-1	2770	2791

Il convient de préciser que les opérations d'aménagement de berges ou de remblais réalisés à l'aide de sédiments, les aménagements paysagers réalisés à l'aide de sédiments non dangereux, pour autant qu'ils répondent à un besoin, sont exclues ou non soumises à la rubrique 2760. Dans le cas contraire, les dépôts de sédiments à terre doivent être classés sous cette rubrique et satisfaire les dispositions des arrêtés ministériels du 9 septembre 1997 (sédiments non dangereux) ou du 30 décembre 2002 (sédiments dangereux) en prenant en compte le cas échéant, les dispositions spécifiques opposables aux installations de stockage dites « mono-déchets ».

La durée maximale d'entreposage des déchets sur un site de tri/transit/regroupement est de un an si le déchet a vocation à être éliminé, trois ans s'il a vocation à être valorisé. Au-delà l'activité relève de la rubrique 2760 (relative au stockage définitif) pour les sédiments non inertes.

(v) Gestion à terre des sédiments inertes

Les stockages de sédiments inertes sont réglementés par l'article L541-30-1 du code de l'environnement, dont l'application est confiée à la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM). Les conditions d'admission des déchets inertes dans les installations classées (relevant des rubriques 2515, 2516 et 2517) sont précisées dans l'arrêté du 6 juillet 2011 modifié par l'arrêté du 1er décembre 2014 (figure 3).

Gestion des déchets issus des opérations de dragage		
déchets dangereux	déchets non dangereux	déchets inertes
<b>Site de tri / transit / regroupement</b> rubrique ICPE: 2718 autorisation: ≥ 1 tonne déclaration: < 1 tonne	<b>Site de tri / transit / regroupement</b> rubrique ICPE: 2716 autorisation: ≥ 1 000 m <sup>3</sup> déclaration: entre 100 et 1 000 m <sup>3</sup>	<b>Site de tri / transit / regroupement</b> rubrique ICPE: 2517 autorisation: ≥ 75 000 m <sup>3</sup> déclaration: entre 15 000 et 75 000 m <sup>3</sup>
<b>Site de traitement</b> rubrique ICPE: 2790 autorisation	<b>Site de traitement</b> rubrique ICPE: 2791 autorisation: ≥ 10 tonnes/j déclaration: < 10 tonnes/j	<b>Site de traitement</b> Rubrique ICPE: 2791 Autorisation: ≥ 10 tonnes/j Déclaration: < 10 tonnes/j
<b>Stockage définitif</b> rubrique ICPE: 2760-1 autorisation avec possibilité de stockage " monodéchet "	<b>Stockage définitif</b> rubrique ICPE: 2760-2 autorisation avec possibilité de stockage " monodéchet "	<b>Stockage définitif</b> Ne relève pas de la nomenclature des ICPE <b>ISDI autorisée au titre de l'article L541-30-1 du code de l'environnement</b> fonctionnement encadré par l'arrêté ministériel du 28 octobre 2010
<p><b>La durée maximale d'entreposage des déchets sur un site de tri / transit / regroupement est de:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 an si les déchets ont vocation à être éliminés,</li> <li>• 3 ans si les déchets ont vocation à être valorisés.</li> </ul> <p><b>Au delà, l'activité relève de la rubrique 2760 relative au stockage définitif.</b></p>		

Figure 3 : Synthèse sur le classement ICPE des sédiments gérés à terre (hors valorisation)

### c. Législation sur « l'eau »

Depuis 2007, de nombreux textes sont parus dans le cadre de la transposition de la DCE en droit français. Ils traduisent l'amélioration des connaissances sur l'état des milieux et sur les émissions de substances et le retour d'expérience de la mise en œuvre des mesures. Parmi ces textes, nous retiendrons :

- les arrêtés du 21 mars 2007 et du 7 mai 2007 modifiant l'arrêté du 20 avril 2005 modifié fixent les normes de qualité des milieux pour 36 substances, et l'arrêté du 30 juin 2005 modifié précise le contenu du programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses ;
- la circulaire du 7 mai 2007 définit les « normes de qualité environnementale provisoires (NQE<sub>p</sub>) » des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau ;
- l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface définit les règles établies pour déterminer l'état des masses d'eau inscrit dans les SDAGE en 2009 établis à partir d'un état chimique et d'un état écologique ;
- l'arrêté du 8 juillet 2010 modifiant l'arrêté du 20 avril 2005 modifié pris en application du décret du 20 avril 2005 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses ;
- l'arrêté ministériel du 8 juillet 2010 fixant la liste des substances prioritaires et le calendrier de réduction des émissions à l'article R 512-9 du Code de l'Environnement.

Ces textes font référence aux substances dont le rejet dans le milieu aquatique est susceptible d'être néfastes pour celui-ci. Les valeurs seuils mentionnées dans ces textes doivent donc être respectées dans le cadre des projets de curages mais également dans le cadre d'aménagement ou de réalisations mettant en contact les sédiments dragués et le milieu aquatique. De plus, certaines valorisations des sédiments de dragage sont soumises à d'autres dispositions de la législation sur l'eau en France (tableau IX).

**Tableau IX : Exemples de filières de valorisation de sédiments soumises à la loi sur l'eau**

Filières de valorisation	Procédure / Nomenclature	Critères
<b>Rechargement de plages Confortement dunaire</b>	Autorisation/Déclaration Rubrique 4.1.2.0	Si volume > 10 000 m <sup>3</sup> => EI + Enquête publique même si déclaration (Arrêté du 01/06/2012)
<b>Réalisation de terre-pleins ou polders</b>	Autorisation/Déclaration Rubrique 3.3.1.0 ou 4.1.2.0	
<b>Utilisation en remblais ou endiguement</b>	Autorisation/Déclaration Rubrique 3.2.2.0 Rubrique 3.3.1.0 Rubrique 3.2.6.0	Si remblaiement dans le lit majeur d'un cours d'eau Si remblaiement de zones humides ou de marais Si digues de protection contre inondation
<b>Rechargement/renforcement de berges</b>	Autorisation/Déclaration Rubrique 2.2.3.0	Si sédiments inertes ou si caractéristiques inférieures à S1 ou N2 (arrêté du 9 août 2006 modifié)

#### d. Synthèse

Pour synthétiser la réglementation relative à la gestion à terre des sédiments, un logigramme illustrant le devenir des sédiments selon leurs caractéristiques physico-chimiques et les normes réglementaires est proposée figure 4.

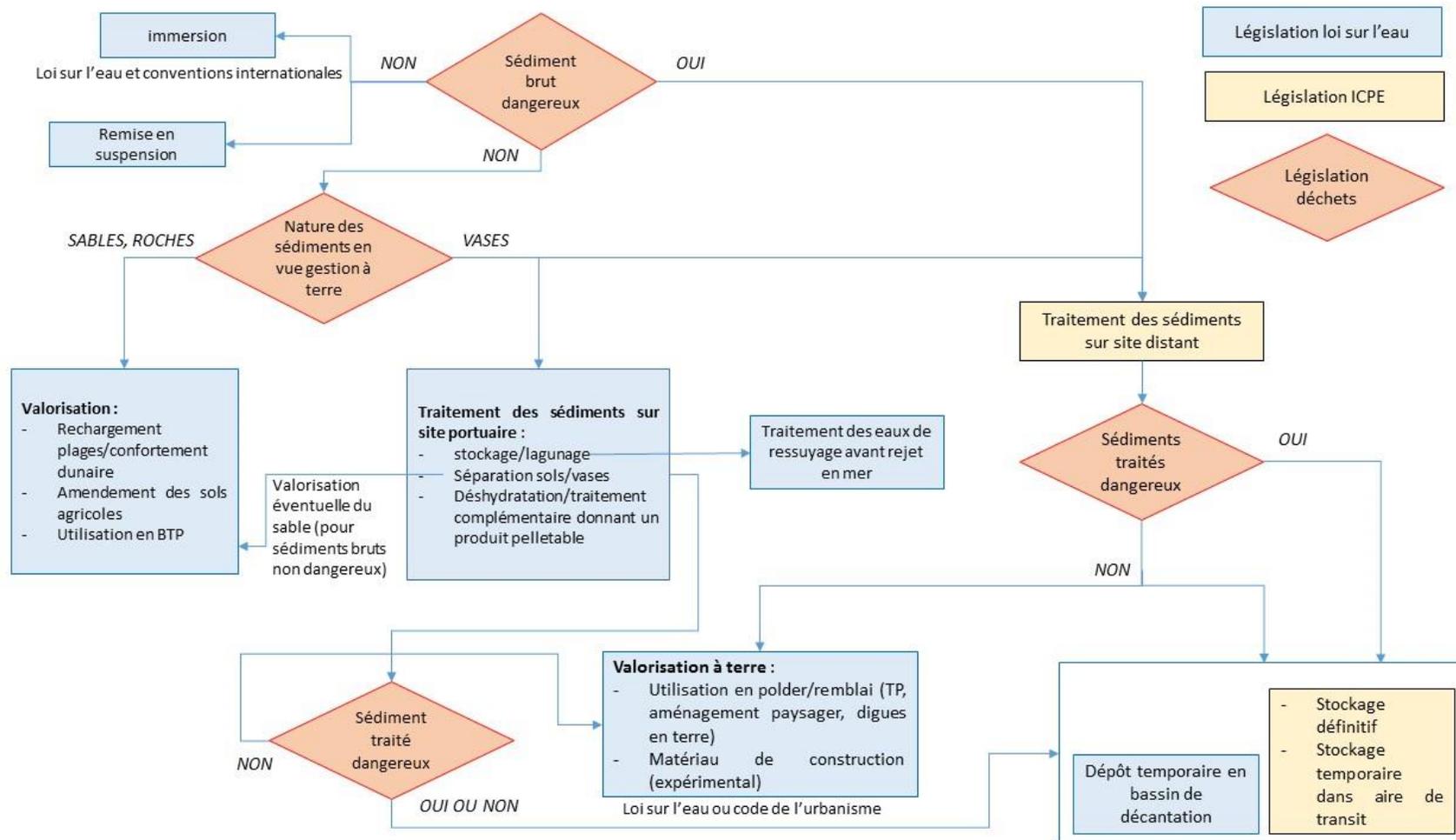


Figure 4 : Synthèse du devenir des sédiments en fonction de leurs différentes caractéristiques (inspiré de DDTM Finistère & DREAL Bretagne, 2013)

Pour compléter ce schéma, une deuxième illustration (figure 5) précise, les textes de loi à prendre en compte au fil des étapes de la gestion à terre du sédiment-déchet.

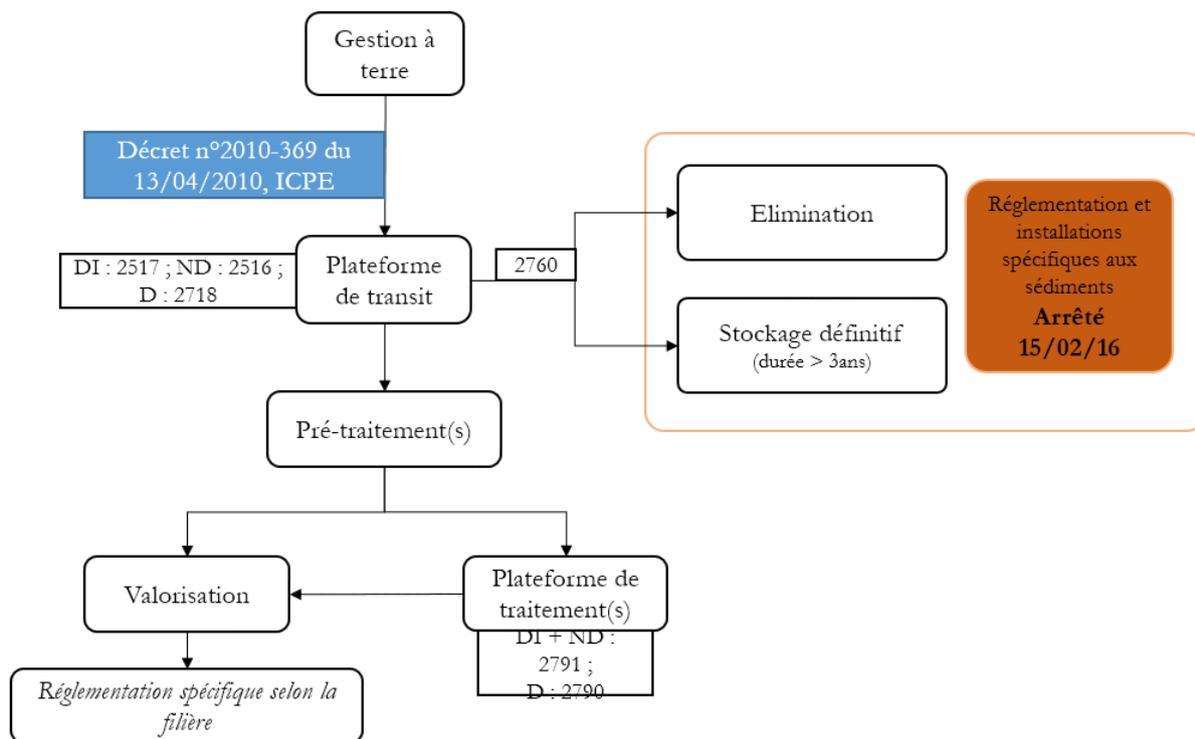


Figure 5 : Itinéraire réglementaire des sédiments gérés à terre

### 3. Réglementation relative aux filières de valorisation

Pour illustrer la réglementation relative aux filières de valorisation, un schéma (figure 6) a été établi et présente de manière synthétique les différents textes encadrant les filières de valorisation. Les filières de valorisation n'étant pas toutes encadrées par les mêmes textes, un bilan des différentes exigences est donc présenté à la suite dans la figure 6.

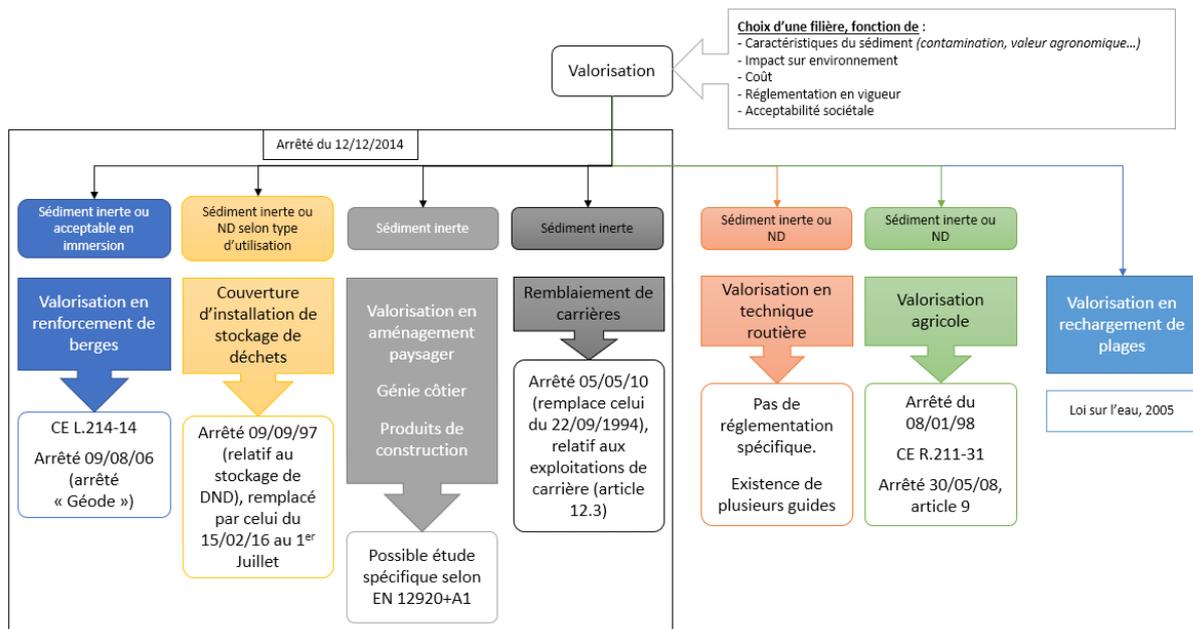


Figure 6 : Synthèse des réglementations encadrant les filières de valorisation à terre des sédiments

#### e. Valorisation en rechargement de plages

Depuis le 1er juin 2012, date d'entrée en vigueur des dispositions des décrets n°2011-2018 et n°2011-2019 du 29/12/2011 portant réforme de l'enquête publique et de l'étude d'impact, si le volume de sable utilisé en rechargement de plage ou confortement dunaire est :

- supérieur à 10 000 m<sup>3</sup>, la réalisation d'une étude d'impact et d'une enquête publique sont requises, même si le projet de dragage et de rechargement ou confortement relève d'une déclaration au titre de la Loi sur l'Eau. Dans ce cas, l'avis de l'autorité environnementale est requis dans le cadre de la procédure, avant la mise à l'enquête publique du dossier ;
- inférieur à 10 000 m<sup>3</sup>, le projet peut éventuellement être dispensé d'étude d'impact par l'autorité environnementale dans le cadre d'une appréciation au cas par cas sur la base des éléments d'information fournis dans un formulaire spécifique (*cf.* arrêté du 26/07/2012 relatif au formulaire CERFA de demande d'examen au cas par cas). Le préfet de Région (autorité environnementale) dispose d'un délai de 35 jours pour le faire savoir au maître d'ouvrage, dès lors que le formulaire de demande d'examen est complet. En l'absence de dispense de l'autorité environnementale, une étude d'impact proportionnée à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et à la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine, devra être produite. Le projet sera ensuite soumis à enquête publique, après avis de l'autorité environnementale sur le dossier (Vernus *et al.* 2013).

#### f. Valorisation en épandage agricole

D'après la DREAL (2012), la valorisation agricole n'est envisageable que si :

- Les sédiments présentent un intérêt agronomique pour le sol ou pour la nutrition des cultures et des plantations (article R 211-31 du CE) ;

- L'usage et la manipulation des sédiments lors de cette opération ne portent pas atteinte à la santé, à l'état phytosanitaire des cultures, la qualité des sols et des milieux aquatiques (article R 211-31 du CE) ;
- L'accord des propriétaires des parcelles concernées par l'opération est obtenu - Cf article 9 de l'arrêté du 30/05/2008.

Les prescriptions techniques définies par l'arrêté du 08/01/1998 relatives aux épandages de boues sur les sols agricoles doivent être respectées - Cf article 9 de l'arrêté du 30/05/2008, fixant les prescriptions générales applicables aux opérations d'entretien de cours d'eau ou canaux soumis à autorisation ou à déclaration. Notons également que la circulaire du 4 juillet 2008 précise que l'épandage de sédiments de dragage sur une parcelle agricole ne peut se réaliser que pour des sédiments non dangereux (Cantegrit & Nouvion-Dupray, 2011).

Sur le plan technique, les sédiments peuvent être épandus sur les terres agricoles par refoulement hydraulique, sous forme de boues liquides, ou sous forme solide, après égouttage et entreposage. L'épandage de boues autres que les boues issues du traitement des eaux usées peut être soumis à procédure de déclaration ou d'autorisation au titre de la rubrique 2.1.4.0 de la loi sur l'eau en fonction du volume ou des flux annuels épandus en azote total ou en DBO<sub>5</sub>.

Le règlement relatif à la production biologique (règlement d'exécution UE n°354/2014 du 08/04/2014) autorise en amendement les sédiments anaérobies riches en matière organique provenant de masses d'eau douce, en respectant cependant les valeurs limites de concentration en éléments traces prévues dans l'arrêté du 08/01/1998, les sédiments devant provenir de sources exemptes de contaminations par des pesticides, polluants organiques persistants et substances telles que l'essence (concentrations maximales en mg/kg de matière sèche : Cd : 0,7 ; Cu : 70 ; Ni : 25 ; Pb : 45 ; Zn : 200 ; Hg : 0,4 ; Cr<sub>total</sub> : 70 ; Cr<sub>VI</sub> : non détectable). Les sédiments pourront provenir des suites de la gestion des masses d'eau ; ils pourront également être extraits d'anciennes masses d'eau douce. L'extraction devra s'effectuer de manière à limiter autant que possible l'incidence sur le milieu aquatique.

Enfin, l'arrêté du 30/05/2008 prévoit un usage possible des sédiments fluviaux pour l'épandage agricole. En effet, selon cet arrêté, les sédiments fluviaux non remis dans le cours d'eau doivent faire l'objet en priorité d'un traitement approprié permettant leur utilisation en tant que granulats, dans des conditions technico-économiques acceptables. Ceux qui ne seront pas remis dans le cours d'eau pourront faire l'objet d'un régalage sur les terrains riverains, d'une utilisation directe en travaux publics et remblais sous réserve de test de percolation ou de stabilité (mesure de la compatibilité), d'un dépôt sur des parcelles ou d'un stockage y compris par comblement d'anciennes gravières ou carrières, ou en épandage agricole.

#### g. Valorisation en technique routière

La valorisation des sédiments en technique routière n'a pas de cadre réglementaire particulier (DREAL NPC, 2012). Plusieurs méthodologies existent cependant. Parmi elles, la méthode élaborée dans le cadre de la démarche Sédimatériaux (septembre 2014) expose les modalités selon lesquelles les sédiments de dragage peuvent être valorisés en technique routière et constitue une base de travail pour l'élaboration d'un guide. Cette méthodologie est issue de recherches par le Département Génie Civil et Environnemental (DGCE) de l'Ecole des Mines de Douai, en

cohérence avec le cadre méthodologique de l'ADEME 2010 et SETRA<sup>6</sup> 2011 (guide d'acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – évaluation environnementale).

Plusieurs thèses ont été menées autour de cette thématique et montrent l'intérêt pour cette filière de valorisation et ce, depuis plusieurs années. Ces travaux ont été réalisés dans plusieurs régions de France comme dans le Nord, le Pas-de-Calais, la Normandie ou encore le Languedoc-Roussillon. Nous pouvons citer par exemple :

- Scordia, P-Y. (2008). Caractérisation et valorisation de sédiments fluviaux pollués et traités dans les matériaux routiers. Ecole Centrale de Lille, 203 pages ;
- Thanh, T-N (2009). Valorisation de sédiments marins et fluviaux en technique routière. Université d'Artois (DGCE de l'École des Mines de Douai), 225 pages ;
- Tribout, C. (2010). Valorisation de sédiments traités en techniques routières : contribution à la mise en place d'un protocole d'acceptabilité. Université de Toulouse, 310 pages ;
- Miraoui, M., 2010. Mise en œuvre d'une démarche de prétraitement et de traitement des sédiments de dragage en vue d'une valorisation dans le génie civil. Thèse de Doctorat, Université Des Sciences et Technologies de Lille 1 ;
- Dia, M. (2013). Traitement et valorisation de sédiments de dragage phosphatés en technique routière. Université d'Artois (DGCE de l'École des Mines de Douai), 169 pages ;
- Anger, B., (2014). Caractérisation des sédiments fins de retenues hydroélectriques en vue d'une orientation vers des filières de valorisation matière. Thèse de Doctorat, Génie-Civil, Université de Caen Basse-Normandie 316 pages ;
- Azrar, H. (2014). Contribution à la valorisation des sédiments de dragage portuaire : technique routière, béton et granulats artificiels. Université de Lille 1. (Thèse soumise à l'embargo de l'auteur jusqu'au 09/04/2017).

---

Les prochaines voies de valorisation (4 à 7) dépendent de l'arrêté du 12/12/2014 remplaçant l'arrêté du 28/10/2010. Cet arrêté relatif aux conditions d'admissions des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes de la rubrique 2760 reprend les valeurs limites à respecter pour les conditions d'admissions de l'annexe II de l'arrêté du 28/10/2010.

Des déchets ne pourront être admis ni stockés, entre autres conditions, s'il existe une des propriétés de danger énumérées à l'annexe du CE R.541-8, si les déchets sont liquides ou s'ils ont une siccité inférieure à 30 % et si les déchets sont non pelletables. Pour les déchets relevant de la rubrique 2760, une adaptation est toutefois possible pour permettre un stockage dont la composition correspond au fond géochimique local (sans dépasser d'un facteur 3 les limites de l'annexe II, et d'un facteur 2 la valeur pour le Carbone Organique Total COT sur l'éluat).

Cet arrêté préconise une évaluation *a minima* du potentiel polluant par un essai de lixiviation (par un test normalisé NF EN 12457-2) pour certains paramètres, repris dans le tableau X.

---

<sup>6</sup> Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements

**Tableau X : Valeurs limite (mg/kg MS) préconisées par l'arrêté du 28/10/2010 – Tests de lixiviation NF EN 12 457-2**

Critères	Valeur limite à respecter (en mg/kg de matière sèche)
As	0,5
Ba	20
Cd	0,04
Cr (total)	0,5
Cu	2
Hg	0,01
Mo	0,5
Ni	0,4
Pb	0,5
Sb	0,06
Se	0,1
Zn	4
Chlorure ****	800
Fluorure	10
Sulfate ****	1000 **
Indice phénols	1
COT sur éluat ***	500
FS (fraction soluble)	4000

(\*) Les valeurs limites à respecter peuvent être adaptées par arrêté préfectoral dans les conditions spécifiées à l'article 10.

(\*\*) Si le déchet ne respecte pas cette valeur pour le sulfate, il peut être encore jugé conforme aux critères d'admission si la lixiviation ne dépasse pas les valeurs suivantes : 1 500 mg/l à un ratio L/S=0,1 l/kg et 6 000 mg/kg de matière sèche à un ratio L/S=10 l/kg. Il est nécessaire d'utiliser l'essai de percolation NF CEN/TS 14405 pour déterminer la valeur lorsque L/S=0,1 l/kg dans les conditions d'équilibre initial ; la valeur correspondant à L/S=10 l/kg peut être déterminée par un essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou par un essai de percolation NF CEN/TS 14405 dans des conditions approchant l'équilibre local.

(\*\*\*) Si le déchet ne satisfait pas à la valeur limite indiquée pour le carbone organique total sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai de lixiviation NF EN 12457-2 avec un pH compris entre 7,5 et 8,0. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le carbone organique total sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 500 mg/kg de matière sèche.

(\*\*\*\*) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate, le fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

D'autres paramètres sont également à analyser en contenu total (tableau XI):

**Tableau XI : Valeurs limite (mg.kg Déchet Sec) préconisées par l'arrêté du 28/10/2010 – Analyses en contenu total**

Paramètres	Valeur limite à respecter (en mg/kg de déchet sec)
COT	30 000
BTEX	6
PCB (7)	1
HC (C <sub>10</sub> à C <sub>40</sub> )	500
HAP	50

#### h. Valorisation en remblaiement de carrières

L'arrêté du 22/09/1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières, et notamment le point 12.3, encadre la valorisation en remblaiement de carrières et a été modifié successivement par deux arrêtés :

- ↳ L'arrêté du 05/05/2010, relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrière ;
- ↳ L'arrêté du 12/03/2012, relatif au stockage des déchets d'amiante.

Réglementairement, le remblayage des carrières doit être géré de manière à assurer la stabilité physique des terrains remblayés. Il ne doit pas nuire à la qualité du sol, compte tenu du contexte géochimique local, ainsi qu'à la qualité et au bon écoulement des eaux, l'annexe I de l'arrêté du 05/05/2010 précise qu'une terre est considérée comme non polluée dès lors que ses caractéristiques sont cohérentes avec le fond géochimique naturel local.

Lorsque le remblayage est réalisé avec un apport de matériaux extérieurs (déblais de terrassements, matériaux de démolition...), ceux-ci devront être préalablement triés de manière à garantir l'utilisation des seuls matériaux inertes. Lorsque les matériaux extérieurs sont des déchets, seuls les déchets inertes peuvent être admis dans l'installation.

Les déchets dangereux, en particulier les déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante relevant du code 17 06 05\* de la liste des déchets figurant à l'annexe II de l'article R. 541-8 du CE, ne sont pas admis dans l'installation. Cet alinéa ne s'applique pas lorsque l'installation est également classée sous la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées (ISD autres que celles mentionnées à la rubrique 2720 qui correspond au stockage de déchets résultant de la prospection, de l'extraction, du traitement et du stockage de ressources minérales ainsi que de l'exploitation de carrières).

#### i. Valorisation en aménagement paysager, en génie côtier et en produits de construction

Comme cité précédemment, cette filière de valorisation est encadrée par l'arrêté du 12/12/2014. De plus, la norme NF EN 12920+A1 est recommandée dans le cadre notamment d'une étude spécifique de sédiments en vue d'une de ces trois valorisations (aménagement paysager, génie côtier et produits de construction). Elle préconise entre autres la caractérisation des matériaux avant et après traitement (ou pré-traitement), la mise en place et le suivi du scénario de valorisation, la modélisation du transfert de contaminants vers le milieu environnant et la validation des modèles.

Le projet Sédimatériaux, dont l'objectif est de faire émerger des filières de gestion et de valorisation des sédiments à terre, repose sur la mise en commun de données techniques et environnementales issues de la réalisation d'ouvrage expérimentaux de référence à échelle réelle à partir de sédiments issus de dragage portuaires ou fluviaux (DREAL NPC, 2011). Dans le cadre du projet, une méthodologie basée sur les principes de cette norme a été élaborée et propose des solutions opérationnelles aux gestionnaires et/ou détenteurs de sédiments. Cette démarche se découpe en trois phases, qui permettent de valider la faisabilité technique et environnementale du projet :

- phase 1 : une phase de caractérisation, pour une connaissance du gisement de sédiments plus une étude d'impact du projet ;
- phase 2 : une phase d'étude en laboratoire, avec une étude de formulation et une réalisation de planches expérimentales ;

- phase 3 : une étude de terrain, avec la réalisation de prototypes sur le terrain et une évaluation des caractéristiques géotechniques et mécaniques ainsi que de l'impact environnemental (Mamindy-Pajany, 2014).

La phase de caractérisation (phase 1) demande des analyses complémentaires sur le gisement de sédiments qui doivent être non dangereux et non radioactifs. L'évaluation des caractéristiques géotechniques et mécaniques donnera des préconisations techniques pour la réalisation du projet. L'évaluation de l'impact environnemental se fera par le biais d'analyses chimiques (métaux, HAP, PCB, BTEX, TBT, hydrocarbures HC) et environnementales (tests de lixiviation NF EN 12457-2 et de percolation NF CEN/TS 14405) qui aboutiront également à des préconisations. Une étude d'impact sur le site récepteur après sa sélection permettra de caractériser l'état initial du site, l'impact environnemental et le risque sanitaire et d'évaluer ainsi les risques sanitaires et environnementaux.

La phase d'étude en laboratoire (phase 2) repose sur des analyses physiques, mécaniques, environnementales. Des analyses chimiques et écotoxicologiques sont réalisées sur les eaux de ruissellement et de percolation.

Dans la phase d'étude terrain (phase 3), un suivi visuel et géotechnique doit être mis en place pour le contrôle des sédiments déshydratés utilisés. L'installation de piézomètres permet le prélèvement des eaux d'infiltration par des analyses physico-chimiques en laboratoire (polluants, pH, conductivité, éléments majeurs, ...) et des analyses écotoxicologiques. Le suivi environnemental du site récepteur est assuré par l'analyse des eaux de surface et de sédiments des systèmes aquatiques situés à proximité de l'ouvrage, ainsi que par l'état de la faune et de la flore et une analyse de la qualité des sols (Mamindy-Pajany, 2014).

Des réalisations d'exhaussement de sols (merlons paysagers, murs d'isolation phonique, ...) sont également possibles. Au titre de l'article L.541-30-1 du Code de l'Environnement, l'utilisation de déchets inertes pour la réalisation de travaux d'aménagement, de réhabilitation ou à des fins de construction ne rentre pas dans le champ des Installations de Stockage de Déchets Inertes. L'article R.441-19 du code de l'urbanisme prévoit que les exhaussements de sol dont la surface est inférieure à 2 hectares et dont la hauteur est inférieure à 2 m doivent faire l'objet d'un permis d'aménager délivré par le maire de la commune. Lorsque ces dimensions sont dépassées, il est prévu au titre du décret n°2011-2019 du 29/12/2011 qu'ils soient soumis à étude d'impact. La différence entre un aménagement des fins utiles et un stockage de déchets réalisé de manière irrégulière mériterait d'être éclaircie car aucun critère précis n'est donné dans les textes cités ci-dessus. De même, la réglementation ne prévoit aucune limite de répétitivité à ces aménagements, ce qui entraîne des dérives importantes sur les surfaces totales occupées par ces déchets (Vernus *et al.* 2013).

Il existe un guide méthodologique, issu des travaux de SEDILAB, sur la valorisation des sédiments de dragage en aménagement paysager publié en 2014 (Abriak *et al.*, 2014).

#### j. Valorisation en couverture d'installation de stockage de déchets

Cette filière de valorisation est également encadrée par l'arrêté du 12/12/2014. Les sédiments présentant une nature fine et argileuse peuvent être utilisés dans les couvertures intermédiaires ou finales des ISD. Les sédiments utilisés en tant que matériau nécessaire à l'exploitation doivent

respecter les caractéristiques d'admissibilité des Déchets Non Dangereux (DND) définies par l'arrêté du 15/02/2016 relatif aux Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux, qui remplacera au 1<sup>er</sup> Juillet 2016 celui du 09/09/1997. Dans le cadre d'une couverture définitive de l'installation, seuls des sédiments inertes doivent être utilisés. Les exigences du plan de couverture sont fixées par l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter de l'ISD.

L'annexe III fixe la caractérisation de base des déchets admissibles dans ce type d'installation. Celle-ci constitue la première étape de la procédure d'admission, en caractérisant de manière globale le déchet en rassemblant les informations attestant du respect des critères correspondant à la mise en décharge pour déchets non dangereux, informations du type source et origine du déchet, composition du déchet (odeur, couleur, apparence physique) et son comportement à la lixiviation.

Le contenu de la caractérisation, l'ampleur des essais requis en laboratoire et les relations entre la caractérisation de base et la vérification de la conformité dépendent du type de déchets. Il convient cependant de réaliser le test de potentiel polluant basé sur la réalisation d'un essai de lixiviation *via* un test de lixiviation à réaliser selon les normes en vigueur. L'analyse des concentrations contenues dans le lixiviat porte sur les métaux (As, Ba, Cd, Cr total, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se et Zn), les fluorures, l'indice phénols, le carbone organique total (COT) sur éluat ainsi que sur tout autre paramètre reflétant les caractéristiques des déchets en matière de lixiviation. La siccité du déchet brut et sa fraction soluble sont également évaluées. Les tests et analyses relatifs à la caractérisation de base peuvent être réalisés par le producteur du déchet, l'exploitant de l'ISD ou tout laboratoire compétent.

Les casiers sont munis dès la fin d'exploitation d'une couverture intermédiaire dont l'objectif est de limiter les infiltrations des eaux pluviales et la limitation des émissions gazeuses. L'épaisseur de cette couverture est de 0,5 mètre, constituée de matériaux inertes dont la perméabilité est inférieure à  $1.10^{-7}$  m/s. Au plus tard deux ans après la fin d'exploitation, tout casier est recouvert d'une couverture finale. Celle-ci est composée du bas vers le haut de :

- ↳ une couche d'étanchéité ;
- ↳ une couche de drainage des eaux de ruissellement composée de matériaux naturels d'une épaisseur minimale de 0,5 mètre ou de géosynthétique ;
- ↳ une couche de terre de revêtement d'une épaisseur minimale d'un mètre.

Des travaux de revégétalisation sont engagés dès l'achèvement des travaux de mise en place de la couverture finale. La flore utilisée est autochtone et non envahissante, afin de maintenir l'intégrité de la couche d'étanchéité, l'enracinement étant compatible avec l'épaisseur de la couche de terre. L'exploitant met en place un programme de surveillance de ses rejets sur le long terme, et à minima le contrôle des lixiviats, des rejets gazeux et des eaux de ruissellement fixé dans l'annexe II du présent arrêté.

Un guide réalisé par le BRGM et l'ADEME a été publié en 2001 afin d'aider aux dimensionnement des couvertures des sites de stockage de déchets non dangereux en intégrant le caractère évolutif du système (Vernus *et al*, 2013).

#### k. Valorisation en renforcement/confortement de berges

Cette filière de valorisation est également encadrée par l'arrêté du 12/12/2014. L'article L.215-14 du code de l'environnement encadre également tous travaux d'extraction de sédiments non réalisés par le riverain ou bien non réalisés dans le cadre d'un entretien régulier. Dans ce cas, l'auteur des travaux est soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation selon le volume de sédiments extrait au cours d'une année et selon la concentration en métaux lourds de ces sédiments, définis par l'arrêté du 09/08/2006, relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux :

- Supérieur à 2 000 m<sup>3</sup> (autorisation) ;
- Inférieur ou égal à 2 000 m<sup>3</sup> dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1 (autorisation) ;
- Inférieur ou égale à 2 000 m<sup>3</sup> dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1 (déclaration).

Le stockage temporaire des matériaux fins (vases, sables, limons) extraits du lit mineur du cours d'eau et des débris végétaux est effectué de manière à limiter le risque de départ vers le lit mineur du cours d'eau. En cas de régalage ou de mise en dépôt, même provisoire, de matériaux à proximité du cours d'eau, le bénéficiaire de l'autorisation ou le déclarant doit s'assurer que des dispositions efficaces sont prises pour éviter toute contamination des eaux, en particulier par ruissellement (arrêté du 30/09/2014).

Les sédiments peuvent être déposés sur les berges ou valorisés en renforcement de berges s'ils sont inertes ou présentent des caractéristiques inférieures aux seuils N2 ou S1 de l'arrêté Géode (Schneider). Le régalage sur berge consiste à déposer les sédiments en formant une bande de 5 à 10 cm de large et de 10 à 30 cm d'épaisseur. Cette mise en cordon le long des cours d'eau présente certains inconvénients :

- La création d'un cordon riche en azote provoquant une mauvaise évacuation des eaux de ruissellement ;
- La formation d'un néosol le long du cours d'eau ; néosol en voie de formation au sens chimique du terme, les composantes chimiques et organiques du sédiment extrait ne sont pas à l'équilibre avec le milieu aérien, il s'en suit un processus de transformation plus ou moins lent, jusqu'à l'obtention d'un sol ayant des caractéristiques pédologiques et agronomiques spécifiques.

L'arrêté du 13/02/2002 pour la consolidation ou la protection des berges (à l'exclusion des canaux artificiels), modifié par l'arrêté du 27/07/2006 rappelle que :

- L'espace de mobilité doit être conservé et « les ouvrages ne devront pas réduire la section d'écoulement naturelle du cours d'eau ni conduire à créer une digue et à rehausser le niveau du terrain naturel » ;
- L'impact potentiel sur cet espace doit être évalué par une étude d'incidence « sur un secteur représentatif du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau en amont et en aval du site, sur une longueur minimale totale de cinq kilomètres » ;
- Et « d'une manière générale, les protections de berge trop lisses sont proscrites et les techniques qui permettent d'obtenir la même rugosité que celle de la rivière doivent être

privilégiées, pour éviter les risques d'affouillement directement à l'aval et d'accélération de l'écoulement de l'eau ».

L'entretien de la ripisylve<sup>7</sup>, sur berges naturelles ou artificielles, est abordé dans l'arrêté du 29/02/2008. L'exploitant des ouvrages ou installations doit constituer un dossier portant notamment sur (i) les modalités d'entretien et de vérifications périodiques du corps de l'ouvrage et des divers organes mobiles ou fixes et (ii) le contrôle de la végétation (les espèces végétales vivantes devant avoir été choisies parmi les espèces naturellement présentes sur les berges et rives des cours d'eau, ou écologiquement adaptées : héliophytes, aulnes, saules, *etc*). Le contrôle de la végétation devra se faire dans le respect des dynamiques écologiques du milieu (préservation des espèces locales, préservation des habitats, de la trame verte et bleue, *etc*). La préservation des espèces locales est également recommandée dans la circulaire n°426 du 24/07/2002 par le choix d'espèces végétales vivantes naturellement présentes ou écologiquement adaptées pour les opérations de gestion des berges et des rives des cours d'eau (Anteagroup, 2012b).

### 1. Valorisation en couverture de friches industrielles

Le projet de révision de la circulaire du 08/02/2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des Sites et Sols Pollués (SSP) propose que les modalités réglementaires encadrant la valorisation en couverture de friche industrielle dépendent de la législation sur les SSP. Pour rappel, les modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués encadrées par la Circulaire du 08/02/2007 relative aux SSP constituent une base méthodologique robuste et reconnue par les acteurs du domaine.

La gestion de sites (potentiellement) pollués suit deux étapes :

- la première étape est la réalisation du schéma conceptuel, qui permet d'appréhender les sources de pollution, les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques pour déterminer l'étendue des pollutions, les enjeux à protéger (populations riveraines, ressources naturelles à protéger).  
C'est le fondement nécessaire à une politique de gestion du risque selon l'usage.
- la seconde étape met en œuvre des actions complémentaires, définies à l'issue d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM) et/ou de plan de gestion.

Ces deux démarches de gestion (IEM et plan de gestion), selon le cas, peuvent être mises en œuvre indépendamment l'une de l'autre, simultanément ou successivement. Elles sont caractérisées par :

- ↳ La démarche d'IEM : démarche pour laquelle il s'agit de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec des usages déjà fixés. C'est une démarche de gestion à part entière, progressive et proportionnée à toutes ses étapes, qui conduit à identifier précisément l'ensemble des voies et des expositions pertinentes et à s'appuyer sur des campagnes de mesures réalisées dans les différents milieux d'exposition susceptibles de poser problème pour caractériser leur état de pollution éventuel. A l'issue d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux, et dès lors que des actions simples de gestion ne sont pas suffisantes, un plan de

---

<sup>7</sup> Formations végétales qui se développent sur les cours d'eau ou des plans d'eau situés dans la zone frontière entre l'eau et la terre

gestion peut être nécessaire pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages ;

- ↳ Le plan de gestion : démarche lorsque la situation permet d'agir aussi bien sur l'état du site (par des aménagements ou des mesures de dépollution) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés. La politique de gestion des risques suivant l'usage ne dispense en aucune manière de rechercher les possibilités de suppression des sources de pollution compte tenu des techniques disponibles et de leurs coûts économiques. La maîtrise des sources de pollution et de leurs impacts est un aspect fondamental du plan de gestion car elle participe :
- à la démarche globale de réduction des émissions de substances responsables de l'exposition chronique des populations ;
  - à la démarche globale d'amélioration continue des milieux.

Lorsque les caractéristiques du plan de gestion ne permettent pas de supprimer toutes possibilités de contact entre les pollutions et les personnes, les risques sanitaires potentiels liés aux expositions résiduelles doivent être évalués et appréciés. L'Analyse des Risques Résiduels (ARR) est l'outil dédié à cet effet et est une évaluation quantitative des risques sanitaires réalisée sur les expositions résiduelles.

Pour tenir compte des évolutions réglementaires, méthodologiques, toxicologiques et du retour d'expérience acquis depuis 2007, le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer a élaboré, en partenariat avec l'ADEME, le BRGM et l'INERIS, un projet de guide méthodologique. Avant sa finalisation, celui-ci est soumis à consultation par l'ensemble des acteurs concernés. La date limite d'envoi des avis pour cette consultation initialement prévue au 30 Avril a été repoussée au 30 Mai 2016.

#### 4. Réglementation encadrant le stockage

L'arrêté du 15/02/2016 relatif aux installations de stockage de déchets de sédiments fixe des prescriptions techniques applicables aux installations de stockage de déchets de sédiments comparables aux ISDND et a donc modifié celui du 12/12/2014. Ces installations sont désormais adaptées aux déchets de sédiments, du fait de l'importance des eaux présentes dans les sédiments de dragage. De plus, il permet désormais d'accueillir au sein d'une ISDND transformée des déchets de sédiments non dangereux et dangereux (ceux-ci devant cependant être stables et non réactifs).

##### Stockage vs valorisation

La valorisation est moins coûteuse que la mise en installation de stockage de déchets (ISD), notamment par le transport et la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP). En 2013, la TGAP était en moyenne de 25 €/m<sup>3</sup>. Elle a été estimée à 29 €/m<sup>3</sup> en 2015. Même avec la création de plateformes de traitements et/ou de transit nécessaires à la valorisation des sédiments, le coût de cette valorisation resterait bien moindre que celui de la mise en ISD (MIE, 2014).

Par exemple, pour 160 000 m<sup>3</sup> de sédiments non dangereux dragués sur 10 ans sur la Métropole Européenne de Lille les coûts représentent :

- 2 à 3 M€ pour le curage ;

- 17 M€ pour la mise en décharge ;
  - 2,7 à 5 M€ pour le traitement/la valorisation
    - entre 0,2 et 1 M€ pour la création et la gestion de plateformes de traitement ;
    - dans le cas d'une valorisation en éco-modelé paysager, entre 2,5 M€ et 4 M€ supplémentaires.
- ➔ Ainsi, le choix de la valorisation pourrait représenter entre 12 et 14 M€ d'économie par rapport au choix de la mise en décharge (MIE, 2014).

## 5. Réglementation encadrant la traçabilité

Afin d'assurer la traçabilité de certains déchets et de constituer une preuve de leur élimination, un bordereau de suivi de déchets (BSD) peut être imposé, il doit être rempli par tous les intermédiaires. Ce bordereau comporte des indications sur la provenance des déchets, leurs caractéristiques, les modalités de collecte, de transport et d'entreposage, l'identité des entreprises concernées et la destination des déchets.

### Déchets dangereux vs déchets non dangereux ou inertes

Dans le cadre du traitement des déchets dangereux (en référence au Code de l'Environnement, article L.541-7), ce bordereau est obligatoire. Ces déchets sont ceux signalés par un astérisque dans la nomenclature des déchets, ainsi que les déchets radioactifs destinés à être traités dans des ICPE (Code de l'Environnement, articles R.541-42 à R.541-48).

Dans le cas des déchets non dangereux ou des déchets inertes, les BSD peuvent être exigés notamment par certains producteurs de matériaux qui souhaitent s'assurer de la bonne provenance des déchets. Un registre peut être mis en place, son contenu est fixé par l'arrêté du 29/02/2012. Le public concerné par cet arrêté est les exploitants des établissements produisant ou expédiant des déchets, les collecteurs, les transporteurs, les négociants et les exploitants des installations de transit, de regroupement ou de traitement de déchets ainsi que les exploitants des installations visées à l'article L. 214-1 ou des installations visées à l'article L. 511-1 qui traitent des substances ou objets qui sont des déchets afin qu'ils cessent d'être des déchets conformément à l'article L. 541-4-3.

L'article 18 de l'arrêté 15/02/2016 relatif aux installations de stockage de déchets de sédiment prévoit l'installation d'outil de contrôle quantitatif des déchets de sédiments. Une caractérisation de base est demandée dans le cadre de l'admission et notamment la source et l'origine des déchets de sédiments, des données concernant la composition et le comportement à la lixiviation, ainsi que la dangerosité ou non des déchets de sédiments. Un lot de déchets de sédiments n'est admis dans une installation de stockage qu'après délivrance par l'exploitant au producteur ou au détenteur du déchet, d'un certificat d'acceptation préalable.

## 6. Synthèse de la législation française

Une synthèse des différentes législations encadrant les filières de valorisation à terre des sédiments est présentée dans le tableau XII. Celui-ci est suivi du tableau XIII qui synthétise les limites réglementaires de ces législations pour la problématique des sédiments gérés à terre.

Tableau XII : Récapitulatif des réglementations encadrant les filières de valorisation à terre des sédiments

		<b><u>Arrêté du 08/01/1998</u></b>
	Valeurs limites :	
	- Eléments Trace (hors l'arsenic),	
	- 3 HAP (contre 16 pour arrêté Géode)	
	- Somme des PCB	
	- N <sub>total</sub> , DBO <sub>5</sub>	
<b>Epandage agricole</b>	- Pas de valeur pour le TBT	
		<b><u>Article R 211-31 du CE</u></b>
	- Les sédiments présentent un intérêt agronomique pour le sol ou pour la nutrition des cultures et des plantations (article R 211-31 du CE) ;	
	- L'usage et la manipulation des sédiments lors de cette opération ne portent pas atteinte à la santé, à l'état phytosanitaire des cultures, la qualité des sols et des milieux aquatiques (article R 211-31 du CE).	
		<b><u>Arrêté du 30/05/2008</u></b>
	Pour l'accord des propriétaires des parcelles concernées par l'opération	
	<b><u>Arrêté du 12/12/2014</u></b>	<b><u>Norme NF EN-12920+A1</u></b>
<b>Aménagement paysager Travaux maritimes Produits de construction</b>	(modifiant celui du 28/10/2010)	Trois phases :
	Valeurs limites :	- Caractérisation aboutissant à des préconisations géotechniques et environnementales
	- ET	- étude en laboratoire avec des analyses physiques, mécaniques, environnementales
	- Chlorures, fluorures, sulfates	- étude terrain avec un suivi visuel, géotechnique et des analyses physico-chimiques et écotoxicologiques
	- Indice phénols	<b><u>CE 215.14</u></b>
	- COT sur éluat	Pour des travaux d'extraction de sédiments non réalisés par le riverain ou non réalisés dans le cadre d'un entretien régulier
<b>Renforcement de berges Régilage sur les berges</b>	- Fraction soluble	<b><u>Arrêté 09/08/2006</u></b>
	- BTEX	Utilisation de sédiments acceptables en immersion par les seuils de l'arrêté « Géode » => Régime d'autorisation ou de déclaration selon les volumes extraits et les concentrations des contaminants possibles de l'arrêté Géode
	- PCB	
	- HC (C <sub>10</sub> à C <sub>40</sub> )	Arrêté du 22/09/1994, modifié par les arrêtés du 05/05/2010 puis du <b><u>12/03/2012</u></b>
<b>Remblaiement de carrières</b>	- HAP	Le remblayage est géré de manière à en assurer sa stabilité physique. Il ne doit pas nuire à la qualité du sol (compte tenu du contexte géochimique local) et à la qualité et au bon écoulement des eaux

Tableau XII (suite) : Récapitulatif des réglementations encadrant les filières de valorisation à terre des sédiments

<p><b>Couverture finale d'ISDND</b></p>	<p><u>Arrêté du 15/02/2016, relatif aux Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (remplace celui du 09/09/1997 au 1<sup>er</sup> Juillet)</u></p> <p>Caractérisation des concentrations dans les lixiviats en ET, fluorures, indice phénols, COT sur éluat, de la siccité et de la fraction soluble.</p> <p>Végétalisation à entreprendre par des espèces autochtones et non invasives</p> <p>Programme de surveillance des rejets sur le long terme (physico-chimique).</p> <p>→ Pas de seuil pour le TBT</p>
<p><b>Couverture de friche industrielle</b></p>	<p><u>Circulaire du 08/02/2007</u> relative aux sites et sols pollués (nouveau guide en cours de consultation par le MEDDE)</p> <p>Deux étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Constitution du schéma conceptuel faisant figurer les sources de pollution, les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques pour déterminer l'étendue des pollutions, et les enjeux à protéger (populations riveraines et ressources naturelles à protéger</li> <li>- La mise en œuvre d'actions complémentaires, qui seront définies à l'issue d'une démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM) et/ou de plan de gestion</li> </ul> <p>Deux démarches de gestion :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'IEM, pour laquelle il s'agit de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec l'usage déjà fixé</li> <li>- Le plan de gestion, lorsque la situation permet d'agir aussi bien sur l'état du site (par des aménagements ou des mesures de dépollution) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés</li> </ul>
<p><b>Stockage (durée &gt; 3ans)</b></p>	<p><u>Arrêté du 15/02/2016, relatif aux Installations de Stockage de Déchets de Sédiment</u> (applicable au 1<sup>er</sup> Juillet)</p> <p>L'annexe I fixe les critères à respecter pour l'acceptation de déchets de sédiments dangereux (ET, chlorure, fluorure, sulfate, COT sur éluat, fraction soluble).</p> <p>L'annexe II fixe les critères minimaux applicables aux rejets d'eaux de ressuyage et des lixiviats (MES totale, COT, DCO, DBO5, N<sub>total</sub>, P<sub>total</sub>, phénols, métaux totaux (dont Cr VI, Cd, Pb, Hg, As, Fluor et composés fluorés, CN libres, HC totaux, composés organiques halogénés).</p> <p>L'annexe III fixe les dispositions relatives au contrôle des eaux (volume et composition des eaux de ruissellement), des lixiviats (volume et composition) et des gaz (qualité du biogaz capté et pression atmosphérique ; équipement de valorisation et de destruction du biogaz</p> <p>→ Le contenu de la caractérisation, l'ampleur des essais requis en laboratoire et les relations entre la caractérisation de base et la vérification de la conformité dépendent du type de sédiments. Il convient cependant de réaliser le test de potentiel polluant basé sur la réalisation d'un essai permettant d'évaluer le passage des polluants dans l'eau et le contenu total en polluants fréquemment présents dans les sédiments</p>

**Tableau XIII : Limites de la réglementation pour la gestion à terre des sédiments**

<b>Épandage agricole</b>	<p>Volumes possibles à épandre peu importants</p> <p>Seuils réglementaires maximum non en rapport avec la contamination des sédiments</p> <p>Pas de réglementation ni de seuils pour certains polluants plus caractéristiques des sédiments et notamment en ce qui concerne les organostanniques (TBT et dérivés), l'arsenic, d'autres HAP (seuls 3 HAP ont une valeur limite contre 16 dans l'arrêté « Géode », le détail des PCB (juste la somme pour l'arrêté du 08/01/1998, dans l'arrêté géode, une valeur seuil pour chacun des 7 PCB indicateurs)</p> <p>Valeur de N<sub>TOT</sub> et DBO<sub>5</sub> très probablement inférieur aux seuils de déclaration (au regard des « boues » épandues actuellement en France, sous réserve d'innocuité)</p>	
<b>Aménagement paysager</b> <b>Travaux maritimes</b> <b>Produits de construction</b>		<p>Au cours de la phase I, analyse de l'impact environnemental par des analyses chimiques et des tests lixiviation/percolation. Existence d'une étude d'impact du site récepteur.</p> <p>Au cours de la phase II, analyses écotoxicologiques sur les eaux de ruissellement et de percolation.</p> <p>Mise en place d'un suivi physico-chimique par la mise en place de piézomètre avec en plus une analyse de la qualité des sols et l'état de la faune et la flore.</p>
<b>Renforcement de berges</b> <b>Régalage sur les berges</b>	<p>Caractérisation physico-chimique uniquement avec des valeurs limites à respecter</p> <p>Pas de valeur limite pour les organostanniques</p>	<p>Les analyses supplémentaires prévues par cet arrêté dans le cas d'une valorisation en renforcement de berges ne prévoient que des analyses physico-chimiques, sans tenir compte de la présence éventuelle d'organostanniques pour lesquels il n'y a pas de valeur limite.</p>
<b>Remblaiement de carrières</b>		<p>Utilisation de sédiments inertes uniquement</p>
<b>Couverture finale d'ISDND</b>		<p>Pas de valeur seuil pour le TBT.</p> <p>Programme de surveillance des rejets sur le long terme (uniquement physico-chimique), pour une préservation de la ressource en eau.</p>
<b>Couverture de friche industrielle</b>	<p>Circulaire en cours de consultation pour évolution de la réglementation.</p> <p>Filière ponctuelle, encore peu connue.</p> <p>L'utilisation de sédiments pourrait engendrer des problèmes de compatibilité avec certaines requalifications.</p>	

#### IV. Discussion

A l'échelle européenne, les Directives retranscrites en droit national ne présentent pas le même niveau d'avancement selon les pays, certaines étant retranscrites dans un pays mais pas dans l'autre. De même, la valeur des seuils considérés dans la législation relative aux sédiments de dragage ainsi que la méthode de calcul de ces valeurs de référence varie selon les pays.

A titre d'exemple, la législation française préconise la mesure de la concentration de 7 PCB et les considère indépendamment alors que le Royaume Uni préconise la mesure de la concentration de 25 PCB (cette liste incluant les 7 PCB préconisés par la législation française) à partir de laquelle elle déduit une concentration totale en PCB (Le Gac *et al.* 2011).

Par ailleurs, malgré un cadre réglementaire européen commun, le statut du sédiment influence la rigueur réglementaire associée à sa gestion. En effet, les pays considérant le sédiment dragué comme un déchet et mettant en œuvre les Directives européennes sur les déchets disposent d'un cadre réglementaire plus restrictif que les pays mettant en œuvre les directives européennes sur l'eau. Ce constat démontre un lien entre le statut du sédiment et la législation relative à la gestion et donc la valorisation des sédiments dragués.

Au regard des valeurs de référence considérées pour définir la dangerosité du sédiment, il existe également des différences entre les pays de l'UE. Pour illustrer ce propos, les valeurs seuils N1/N2 pour les éléments trace ont été regroupées dans le tableau XIV pour neuf des pays de l'UE. Les valeurs sont présentées en mg/kg de matière sèche.

**Tableau XIV : Comparaison des seuils pour quelques éléments traces pour différents pays de l'UE (d'après le Gac *et al.*, 2011)**

	Allemagne		Belgique		Danemark		Espagne		Finlande		France		Irlande		RU		Norvège	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
<b>Mercur</b>	1	<b>5</b>	0,3	1,5	0,25	1	0,6	3	<b>0,1</b>	1	0,4	0,8	0,2	0,7	0,3	3	0,6	<b>5</b>
<b>Cadmium</b>	2,5	12,5	2,5	7	0,4	2,5	1	5	0,5	2,5	1,2	2,4	0,7	4,2	0,4	5	1	10
<b>Chrome</b>	150	750	60	220	50	270	200	1000	65	270	90	180	120	370	40	400	300	5 000
<b>Cuivre</b>	40	200	20	100	20	90	100	400	50	90	45	90	40	110	40	400	150	1 500
<b>Plomb</b>	100	500	70	350	<b>40</b>	200	120	600	<b>40</b>	200	100	200	60	218	50	500	120	<b>1 500</b>
<b>Arsenic</b>	30	150	20	100	20	60	80	200	15	60	25	50	9	70	20	100	80	1 000
<b>Zinc</b>	350	1750	160	500	130	500	500	3000	170	500	276	552	160	410	130	800	700	10 000
<b>Nickel</b>	50	250	70	280	30	60	100	400	45	60	37	74	21	60	20	200	130	1 500

Comme le montre le tableau XIV, il existe une différence parfois très importante entre les valeurs de référence considérées pour un même contaminant. Par exemple, nous pouvons noter que :

- Pour le mercure : un facteur 50 existe entre le N1 le plus bas (en Finlande) et le N2 le plus élevé (en Norvège et en Allemagne) ; la valeur seuil N1 de l'Allemagne (1 mg/kg de MS) étant déjà supérieure à N2 pour la France et l'Irlande ;
- Pour le plomb : un facteur de 37,5 existe entre le N1 le plus bas (en Finlande et au Danemark) et le N2 le plus élevé (en Norvège).

Notons également que, parmi les neuf pays européens dont les seuils pour les éléments trace sont présentés dans le tableau XIV, la France figure parmi les pays possédant les valeurs de référence les plus contraignantes (Le Gac *et al.*, 2011). Cette observation étant, comme évoqué précédemment, très probablement corrélée au statut réglementaire des sédiments dragués, la

France ayant adoptée le cadre réglementaire le plus restrictif en matière de gestion et de valorisation des sédiments de dragage.

Il est important également de souligner qu'en fonction des pays, la gestion des sédiments considérés comme « dangereux » est variable. A titre d'exemple, alors qu'en France, les sédiments dangereux font l'objet d'une gestion spécifique et ne peuvent être valorisés, aux Pays-Bas, ils peuvent, sous certaines conditions, être valorisés en tant que matériau. De plus, certains pays, notamment les Pays-Bas et la Belgique, tiennent davantage compte des émissions que des concentrations totales en contaminants dans le sédiment brut. En effet, la Flandre et les Pays-Bas peuvent autoriser des dépassements de seuils en contaminants de sédiments bruts lorsque les émissions du matériau produit à partir de ces sédiments ne dépassent pas une autre catégorie de valeurs seuils. Dans le cas présent, ce sont des résultats de tests de lixiviation qui sont considérés.

En procédant ainsi, ces pays augmentent les possibilités de valorisation de sédiments, d'autant que celles-ci peuvent inclure des applications utilisant des sédiments à grande échelle (<http://www.ceamas.eu/fr>).

La transposition en droit français d'une partie de la Directive Cadre européenne 2008/98/CE par le décret 2012-602 du 30/04/2012 permet d'envisager pour un déchet la sortie de son statut pour autant qu'il réponde à différentes caractéristiques, qui sont (i) s'il est valorisé, (ii) si la valorisation a lieu dans une installation classée, (iii) s'il répond à quatre critères (la substance est couramment utilisée et à des fins spécifiques ; elle répond à un marché stable ; elle remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables au produit pour lequel elle est utilisée ; l'utilisation du déchet valorisé n'a pas d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine), (iv) ces critères étant fixés par l'autorité administrative compétente (communautaire ou étatique). Toutefois, ce texte ne pourra pas être utilisé dans le cas des sédiments pour deux principales raisons : la première est qu'il n'existe pour l'instant pas de véritable marché stable et la seconde compte tenu de leur difficile caractérisation (Pas, 2012).

De par la variabilité de l'environnement et des caractéristiques des sédiments, l'évaluation de leurs qualités est un problème complexe (Charriau, 2009). De plus, au travers des quelques exemples de pays européens décrits dans la partie 1, les valeurs de référence permettant de déterminer une « qualité » ne sont pas forcément identiques (existence d'un ou de plusieurs seuils, valeurs de seuil pouvant être différentes selon les pays), et les méthodes permettant l'analyse des différents contaminants peuvent également différer selon les pays.

Dans le cadre du projet européen SETARMS, 13 pays européens ont été étudiés, et notamment les techniques évaluant la dangerosité des sédiments. Une analyse prospective de la réglementation actuelle et future a également été menée (Dumay, 2015). L'immersion en mer constitue la principale voie de devenir des sédiments, pour laquelle une caractérisation des sédiments est définie par les conventions internationales (OSPAR, Londres, Barcelone, Helsinki). Cette caractérisation consiste essentiellement en des analyses physico-chimiques dont les résultats sont comparés à des seuils fixés par chaque Etat. Le nombre de seuils, ainsi que la méthode d'analyse (fraction granulométrique) et les concentrations diffèrent selon les pays étudiés : une majorité de pays étudiés présentent deux seuils, sauf pour la Norvège pour laquelle il en existe quatre, la Suède cinq et les Pays-Bas un. Certains pays présentent des valeurs strictes d'immersion (Belgique, Danemark, Pologne, Finlande, ...).

En plus d'une variabilité des seuils, les pays présentent une grande diversité au niveau des analyses :

- Les polluants organiques (hexachlorobenzène, DDT, huile minérale, etc) ;
- Les PCB sont analysés soit de façon individuelle (France, Irlande, Finlande) ou par l'analyse de la somme de plusieurs (somme de 7 ou de 25, Royaume Uni par exemple) ;
- Le TBT et les HAP ne sont pas analysés dans tous les pays et/ou peuvent être analysés de façon différente.

Globalement, l'évaluation de l'impact du dragage et de l'immersion, pour la plupart des pays étudiés, se basent sur des valeurs chimiques, associées parfois à des valeurs de toxicité sur des organismes marins. En fonction de la destination en mer ou à terre, la caractérisation et la notion de dangerosité diffèrent selon la stratégie développée par les pays. Il n'y a aucun consensus sur l'utilisation des tests écotoxicologiques, qu'ils soient marins ou terrestres, en raison de leur sensibilité par rapport aux contaminants, ce qui explique que de nombreux Etats préfèrent ne pas les utiliser (Dumay, 2015).

Pour la gestion à terre des sédiments, il n'existe en général pas de protocole officiel validé. Elle est très peu pratiquée au Royaume Uni ou en Pologne ; dans des pays comme la France ou la Finlande des solutions sont trouvées au cas par cas. Au Pays-Bas et en Belgique, la gestion à terre est organisée au niveau national, notamment en ce qui concerne les sites de stockage et de traitement (Dumay, 2015).

## V. Conclusion de la partie I

A l'échelle nationale, les nouvelles exigences réglementaires encadrant la gestion des sédiments de dragage / curage vont générer de grands volumes de sédiments devant être gérés à terre. Cette perspective semble à contre-sens des objectifs de la loi de transition énergétique pour la croissance verte (loi 2015-992, et notamment l'article 70, V-7° modifiant l'article L-541-1 du Code de l'environnement) qui prévoit une réduction de l'ordre de 30% de déchets non dangereux non inertes admis en IS en 2020 par rapport à 2010 et de 50 % en 2025.

Les volumes générés soulèvent nécessairement la question du stockage. Or, les coûts de stockage et de transport sont relativement élevés et la capacité de stockage doit être adaptée pour répondre aux nouveaux besoins. Récemment, un arrêté spécifique à la gestion à terre des sédiments a été publié. Il s'agit de l'arrêté du 15/02/2016 relatif aux installations de stockage de déchets de sédiments (applicable au 1<sup>er</sup> Juillet 2016) (*en parallèle de cet arrêté est paru un arrêté relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, également le 15/02/16 et applicable au 1<sup>er</sup> Juillet 2016*).

Par l'application de cet arrêté, les installations de stockage sur le long terme des sédiments sont désormais séparées de celles dédiées aux déchets ménagers, dans lesquels ils pouvaient auparavant se retrouver « mélangés ».

Cet arrêté s'applique aux installations de stockage de déchets de sédiments, que ceux-ci proviennent d'une ou plusieurs opérations de dragage. Ne sont pas soumises à cet arrêté :

- Les installations stockant des déchets de sédiments pour une durée inférieure à un an si les déchets de sédiments sont destinés à l'élimination ;
- Les installations stockant des déchets de sédiments non dangereux pour une durée inférieure à trois si les déchets de sédiments sont destinés à valorisation.

Une consultation du public sur ce projet d'arrêté a été menée par voie électronique sur le site Internet du Ministère en charge du Développement Durable du 17 Septembre 2015 au 8 Octobre 2015 inclus. D'après la synthèse des observations du public, neuf contributions ont été déposées sur le site, une seule venant d'un particulier, les huit autres provenant de professionnels du stockage de déchets de sédiments, ces derniers ayant pour la plupart déjà été consultés lors de l'élaboration du projet de texte.

Cette consultation et les différents avis déposés sur la plateforme dédiée ont permis de clarifier et de préciser certains points. En effet, plusieurs remarques et/ou commentaires ont été pris en compte dans l'arrêté promulgué au 15/02/2016. Des remarques ont porté sur la mise en conformité des sites existants, notamment le délai de mise en conformité qui était trop court.

➔ L'arrêté devait entrer en application le 1<sup>er</sup> Janvier 2016 : le délai a été repoussé au 1<sup>er</sup> Juillet 2016.

Deux remarques portent sur une demande de modification des définitions de déchets de sédiments et d'opération de dragage.

➔ Des précisions sur certains termes sont donc apportées dans l'article 1<sup>er</sup> du titre I de cet arrêté. Certains termes sont donc plus clairement définis, tels que casier, eau de ressuyage, lixiviat (distinction à faire entre les eaux de ressuyage et les lixiviats), opération de dragage, période de ressuyage, période de remplissage d'un casier, période de post-exploitation d'un casier, période de suivi long terme, période de surveillance des milieux.

De la synthèse des observations du public concernant cet arrêté ressort le besoin de clarté et de précision, à différents niveaux. Dans un autre contexte, des gestionnaires de la filière interrogés ont exprimé des contraintes et ont manifesté un besoin d'information sur la caractérisation des sédiments, les opérations de curage et la gestion des sédiments. D'après la MIE (2014), il est recommandé que la réglementation entourant la gestion des sédiments soit précisée pour une valorisation à plus grande échelle. Les vérifications et les suivis effectués de valorisations proposées devront être nécessairement démonstratifs en termes d'innocuité environnementale. Ces précisions et cette démonstration permettraient d'adapter la réglementation au cas particulier des sédiments.

Cet arrêté du 15/02/2016 permet également d'apporter des précisions réglementaires quant à la traçabilité des sédiments à mettre en place dans le cas d'une installation de stockage de déchets de sédiments, qu'ils soient dangereux, non dangereux ou inertes. La réglementation encadrant les déchets dangereux était déjà clairement établie et notamment pour la traçabilité : il y a obligation d'avoir un bordereau de suivi comportant diverses informations (provenance, caractéristiques, destinations, etc). En revanche, elle n'était pas aussi aboutie concernant les déchets non dangereux/inertes où, même si le bordereau de suivi pouvait être demandé dans certains cas, celui-ci n'était pas obligatoire.

**En ce qui concerne les filières de valorisation, il n'existe pas, à ce jour, de législation spécifique aux sédiments gérés à terre. Or, comme le souligne à la fois le retour d'expérience décrit dans la littérature ou celui de l'enquête menée (partie 3), il existe une attente très marquée de clarification et d'harmonisation de la réglementation afin d'éviter, notamment des lectures ou interprétations différentes selon les individus ou les structures.**

## **PARTIE 2. ETAT DES LIEUX DES PRATIQUES ET ENJEUX DE LA GESTION A TERRE DES SEDIMENTS**

---

Pour compléter l'analyse du contexte réglementaire de la gestion des sédiments, un état de l'art sur les pratiques de gestion et de valorisation de sédiments est proposé dans la suite de notre propos. Ainsi, après avoir décrit les principaux traitements des sédiments de dragage (I), la plupart de ceux-ci permettant aux sédiments d'acquérir des caractéristiques compatibles avec le mode de gestion envisagée, nous décrirons les techniques et conditions de mise en dépôt (II), les principales filières de valorisation (III) et enfin les conditions de stockage des sédiments (IV).

### **I. Les principaux traitements des sédiments de dragage**

Les pré-traitements et traitements des sédiments ont été conçus et sont appliqués dans une logique de valorisation. L'objectif du présent paragraphe n'est pas de présenter de manière exhaustive l'ensemble des techniques de traitements employées mais d'en décrire brièvement les principales afin d'extraire les informations relatives à l'évolution des caractéristiques physiques et chimiques des sédiments après traitement, le recueil de ces données alimentera les réflexions menées dans le chapitre 2 de la présente étude qui, pour rappel, concerne l'évolution des caractéristiques des sédiments depuis leur extraction jusqu'à leur valorisation ou stockage à terre.

#### **1. Les pré-traitements**

Les pré-traitements permettent de débarrasser le sédiment des gros débris et de le déshydrater. Généralement peu coûteux, ils sont souvent nécessaires pour le traitement, le stockage ou la valorisation des sédiments. Ils correspondent à des opérations physiques ou physico-chimiques qui permettent de réduire le volume de sédiments ou de rendre les matériaux manipulables.

Deux techniques sont généralement utilisées :

- (i) la déshydratation qui permet de réduire jusqu'à 50 % l'eau interstitielle contenue dans le sédiment (Mulligan *et al.*, 2001). Les principales techniques employées sont la centrifugation, la filtration (ex. : filtre-presses), la décantation (ex. : bassin de décantation) et l'évaporation (dans des évaporateurs).
- (ii) la séparation granulaire qui permet la séparation des fractions fines et sableuses par hydro-cyclonage.

Ces modes opératoires peuvent avoir une influence sur les contaminants mais ils ne permettent pas l'inertage des matériaux, ce qui peut être problématique pour la valorisation.

#### **2. Les traitements physico-chimiques**

Il s'agit de traitements physiques de séparation ou de traitements par extraction chimique qui induisent un changement d'état des contaminants.

La majorité des polluants étant fixés sur la fraction fine du sédiment (Kribi, 2005), les techniques de séparation consistent à éliminer une partie des contaminants en enlevant les particules fines du sédiment. Parmi les techniques couramment employées, nous citerons :

- La centrifugation qui permet d'isoler des éléments solides en suspension dans une boue en la faisant tourner à grande vitesse ;

- L'hydrocyclonage s'effectue dans une chambre cylindrique sous pression. Sous l'effet de la force centrifuge, une séparation entre les particules les plus denses et les plus fines s'effectuent. L'eau injectée est recyclée ou traitée pour être rejetée (rendement élevé et grande efficacité) ;
- Le lessivage utilise l'action mécanique de l'eau et des agents d'extraction (acides, bases, chélateurs) pour enlever les contaminants liés physiquement aux particules ;
- La flottation basée sur la différence de densité, le caractère hydrophobe ou hydrophiles des solides et l'ajout d'additifs chimiques. Cette technique permet de concentrer les polluants ;
- ...

Les traitements par extraction chimique induisent un changement d'état des contaminants. Les techniques couramment employées sont la lixiviation, l'extraction par solvant (technique de lessivage) ou encore la complexation, qui consiste à introduire, en agitation dans le sédiment, des agents chimiques ayant de fortes propriétés complexantes vis-à-vis des contaminants inorganiques.

### 3. Les traitements thermiques

Les traitements thermiques constituent, selon certains auteurs, des techniques d'inertage dont l'objectif est de fixer les contaminants dans la matière afin qu'ils ne soient plus mobiles (Agostini, 2006). Il existe plusieurs techniques de traitements thermiques, nous citerons pour exemple :

- La désorption thermique (600 °C) qui entraîne une évaporation de l'eau et une oxydation de la matière organique naturelle ;
- L'incinération (800-1200 °C) qui évapore l'eau, détruit la matière organique et oxyde les éléments trace métalliques (ETM). Obtention de graviers pouvant être vitrifiés et dans lesquels les ETM sont immobilisés.

### 4. Les traitements biologiques

Ces traitements utilisent des organismes vivants (champignons, bactéries, végétaux, ... ) afin de traiter les sédiments :

- ✓ La bioremédiation *in situ* qui consiste à intégrer des microorganismes dans la matrice à traiter pour favoriser et accélérer les procédés biologiques de dégradation. Ce traitement biologique est adapté à la dégradation des hydrocarbures. De rentabilité et efficacité faibles, cette technique a pour contrainte majeure l'apport en oxygène ;
- ✓ La phytoremédiation qui fait appel à la faculté des végétaux à dégrader les contaminants organiques ou à fixer, absorber les contaminants métalliques *via* leur système racinaire pour les végétaux terrestres ou leur paroi cellulaire pour les algues. Cette technique utilise trois phénomènes naturels (la phytoextraction, la phytostabilisation et la phytodégradation)
  - La phytoextraction consiste à utiliser des plantes, notamment les plantes dites hyperaccumulatrices, pour traiter les sols pollués, le plus souvent des sols contaminés aux ETM ;
  - La phytodégradation consiste à accélérer la dégradation des composés organiques polluants (hydrocarbures, pesticides, explosifs...) en présence de plantes. Cette dégradation peut avoir lieu soit hors de la plante, grâce à l'activité des micro-

organismes présents dans l'environnement des racines (rhizosphère), soit dans la plante après absorption du composé puis dégradation dans les cellules ;

- La phytostabilisation consiste à immobiliser la pollution. Il s'agit d'installer un couvert végétal avec des espèces tolérant les polluants. La présence de ces plantes permet de réduire les processus d'érosion et de ruissellement de particules porteuses de polluants et les processus d'entraînement de ces polluants en profondeur. L'efficacité est liée à plusieurs facteurs notamment les caractéristiques des plantes et du sol à traiter.

Ces techniques peuvent être utilisées en complément des traitements physico-chimiques.

## 5. Synthèse

Le tableau XV propose une synthèse des différents modes de traitements et de pré-traitements et précise leur objectif et leur efficacité (à relativiser en raison de l'ancienneté de la référence).

**Tableau XV : Objectifs et efficacité des principaux pré-traitements et traitements de sédiments contaminés**

Traitements	Objectif	Efficacité
<b>Filtration</b>	Diminuer teneur en eau	85 à 95%
<b>Evaporateur</b>	Diminuer teneur en eau	90%
<b>Décantation</b>	Diminuer la teneur en eau	90 à 99%
<b>Hydrocyclonage</b>	Diminuer la teneur en eau Séparation des particules	90% pour les fines
<b>Lessivage</b>	Enlever les contaminants organiques	90%
<b>Flottation</b>		
<b>Complexation</b>	Enlever les contaminants inorganiques	70 à 90%
<b>Bioremédiation</b>	Enlever les contaminants organiques	50 à 80%
<b>Phytoremédiation</b>	Extraire, stabiliser contaminants organiques et inorganiques	Variable
<b>Désorption thermique</b>	Enlever les contaminants organiques volatils et quelques métaux	99% (HAP et PCB)
<b>Incinération</b>	Encapsuler les métaux lourds et les hydrocarbures	99% (contaminants organiques) 100% (métaux)

Les traitements subis par les sédiments ont pour objectif de détruire, transformer ou stabiliser les contaminants. Comme l'illustre le tableau XV, les traitements physiques et chimiques sont généralement efficaces mais ils ont des coûts élevés pouvant freiner les opérations de dragage. Les techniques thermiques sont efficaces pour immobiliser les contaminants mais ce sont des techniques très énergivores et coûteuses. Les traitements biologiques présentent l'avantage d'utiliser des procédés plus écologiques et peu coûteux, en revanche, ils sont souvent critiqués pour leurs délais de réalisation longs allant de plusieurs mois à plusieurs années.

## II. Mise en dépôt des sédiments à terre

Une installation de transit est une installation qui va recevoir et réexpédier des déchets. Ces derniers sont donc dans l'attente de leur reprise ou leur évacuation pour élimination ou

valorisation. Les seules opérations pouvant être conduites sur les déchets en transit sont une rupture de charge ou un entreposage temporaire.

D'un point de vue réglementaire, les sites de tri, transit et regroupement dépendent de la législation ICPE sauf dans le cas de stockage définitif de déchets inertes. La durée maximale d'entreposage des sédiments sur un site de tri, de transit ou de regroupement est d'un an si le déchet a pour vocation d'être éliminé ou de trois ans pour une filière de valorisation. Au-delà, le stockage est considéré par l'administration comme définitif.

Selon les caractéristiques des sédiments et notamment leur dangerosité, le site de dépôt peut être un bassin creusé dans la terre sans étanchéité particulière, il doit se situer dans une zone non inondable, facile d'accès et proche du site à curer de manière à simplifier le transport des sédiments extraits. Une étude d'usage du futur site doit être effectuée en même temps que le plan de mise en dépôt. Les usages de ces sites peuvent être l'aménagement et l'entretien d'une zone de loisirs, la culture alimentaire et non alimentaire, le remblaiement de carrière. Les sédiments peuvent également être mis en dépôt confiné. Cette solution consiste à stocker les sédiments sur un site étanche et imperméable (couverture argileuse et géomembrane avec un système de drainage pour récupérer les lixiviats pollués) (INRA). Après exploitation, les sites doivent être réaménagés (travaux paysagers) et soumis à contrôle.

### III. Les filières de valorisation

Sur le plan réglementaire, la valorisation consiste au « [...] réemploi, [...] recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie » (Loi n°75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux). Un sédiment peut être valorisé s'il n'est pas classé comme déchet dangereux. Selon la circulaire du 24/12/2010, les ouvrages de valorisation, pour autant qu'ils répondent à un besoin, ne relèvent pas de la législation ICPE (DREAL, 2012). En revanche, ils peuvent relever de la législation sur l'eau, du code de l'urbanisme et du code rural.

Les filières de valorisation se répartissent dans trois domaines (Zentar et *al.*, 2009) :

- Le génie civil et les travaux publics :

Dans ce domaine, les sédiments valorisables en technique routière (sous réserve d'une conformité à certaines prescriptions géotechniques et environnementales) sont très largement étudiés aujourd'hui, de nombreuses thèses et programmes de recherche sont actuellement en cours sur le sujet ;

- L'agriculture pour l'amendement des sols :

La valorisation agricole a pour objectif l'amélioration de la structure du sol ou de ces qualités fertilisantes. Cette filière est possible si les sédiments présentent un intérêt agronomique et s'ils ne portent pas atteintes à la santé et/ou à l'environnement (article R211-31 du Code de l'environnement). Sur le plan réglementaire, l'arrêté du 8 janvier 1998 relatif aux épandages de boues sur les sols agricoles définit les prescriptions techniques à respecter. Selon les volumes en jeu et les caractéristiques des sédiments, l'épandage des sédiments peut relever de la législation loi sur l'eau (livre II du code de l'environnement, rubrique 2.1.4.0) ;

- La réhabilitation de sites naturels (habitats aquatiques ou terrestres) :

Si les sédiments sont inertes ou si une absence d'impact sur la santé et l'environnement a été démontrée après étude, ils peuvent être utilisés pour créer des espaces naturels et des zones de loisirs.

### 1. Rechargement de plages

La plage est un système dynamique dont les phénomènes naturels tels que les vagues ou le vent ainsi que les pressions anthropiques entraînent une diminution de l'épaisseur. Cette érosion côtière entraîne un besoin en matériaux estimé entre deux à trois millions de tonnes de sable par an pour la France (Vernus *et al.*, 2013). En France métropolitaine, on compte un total de 5 500 km de côtes. Cela comprend environ 2 500 km de plages et de dunes, dont 48 % sont en érosion et seulement 10 % en engraissement (Le Guern *et al.*, 2004).

Les sédiments pourraient être un matériau alternatif pour stabiliser l'érosion du littoral (SEDILAB, 2011) à condition que leurs caractéristiques soient compatibles avec cette utilisation. En effet, le matériau servant à recharger une plage doit présenter des caractéristiques similaires à celle du sable déjà présent sur la plage. A titre d'exemple, le matériau utilisé devra être de granulométrie identique ou de préférence supérieure pour protéger la plage de l'érosion, en effet en étant plus fin, il sera emporté par la houle et les courants. Il ne devra pas non plus être trop gros au risque de changer le type de plage (Foucher, 2005).

L'Ecole des Mines de Douai a développé en laboratoire un granulat artificiel à partir de sédiments dans le but de développer une autre voie de valorisation et de proposer des solutions face à l'érosion du littoral. Pour cela, des essais ont été menés en laboratoire en reconstituant un profil de plage dans un canal à houle avec diverses configurations. Il apparaît que le matériau est stable et des phases terrains sont depuis envisagées (Brakni, *et al.*, 2007; SEDILAB, 2011). Ces travaux de recherche ont fait l'objet d'une thèse de doctorat en Science pour l'ingénieur, Génie civil et environnemental intitulée « Première approche vers une valorisation de granulats artificiels à base de sédiments de dragage portuaire : application en génie côtier » et a été réalisée par Samira Brakni en 2008 à l'Université d'Artois.

La valorisation de sédiments de dragage en rechargement de plages a été utilisée, entre autres exemples, lors du ré-ensablement :

- des petits fonds devant les plages d'Anglet par des matériaux issus de l'Adour (Foucher, 2005) ;
- de la plage du Port La Nouvelle dans le département de l'Aude (région Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées) (In Vivo, 2005) ;
- de la plage du centre-ville de Ste Maxime (au cœur du Golfe de Saint-Tropez dans la région Provence Alpes Côte d'Azur) après extraction des sables du port de St Cyprien par dragage mécanique. Après vérification de la qualité chimique au regard des seuils N1/N2 et de la cohérence granulométrique, les sables ont donc été déposés et égouttés directement sur le haut de plage, puis étalés au printemps (IDRA Environnement, 2014).

## 2. Valorisation agricole

D'après Vernus *et al.* (2013), l'épandage est une technique agricole consistant à répandre divers produits sur des zones cultivées, forêts, voies ferrées, marais... L'amendement des sols avec des sédiments conduit à une amélioration des propriétés du sol ainsi que la disponibilité des nutriments pour les plantes (Middleton & Jiang, 2013). Une étude menée par le CETMEF et le CETE de Lyon sur la valorisation agricole des sédiments de dragage des voies navigables a mis en évidence des propriétés des sédiments voisines de celles des sols (Bernes Cabanne, 2009 *in* Anger 2014). Une expérimentation a ensuite été entreprise en 2010 pour confirmer le potentiel agronomique des sédiments de canaux sur une parcelle agricole de 2,58 ha (SEDILAB, 2011). D'autres études similaires ont été menées en Saône et Loire (Cantégrit & Nouvion-Dupray, 2011; Cantégrit, 2011). Plusieurs études se sont intéressées à l'intérêt pédologique voir agronomique des sédiments (par exemple Abriak, 2014; Bedell & Delolme, 2013; Sheehan *et al.*, 2010; Sturgis *et al.* 2001 *in* Anger 2014). Une étude en Moselle a démontré le potentiel de végétalisation des sédiments fluviaux déposés sur un parc de cendres volantes d'un centre de production thermique EDF de Blénod-lès-Pont à Mousson (ANTEA 1999 *in* Anger 2014).

La Surface Agricole Utile (SAU) en France en 2013 s'élevait environ à 29 millions d'hectares, ce qui pourrait potentiellement représenter une voie de valorisation régulière des sédiments. Historiquement, les sédiments carbonatés dragués dans le golf normand-breton (appelés tangué) sont utilisés depuis des décennies pour amender les terres agricoles (Bourret, 1997; Camuzard, 2011). La valorisation des sédiments en épandage a également été appliquée pour des sédiments de la Rance. Il est prévu de valoriser sur des parcelles agricoles proches des sédiments qui auront été stockés entre décembre 2015 et 2017. Sur ce laps de temps, le vent la pluie et le soleil auront rendu les sédiments parfaitement compatibles avec un usage agricole. Ce projet a été mené à bien par CŒUR Emeraude, appuyé par le bureau d'étude IDRA Environnement (association Cœur Emeraude).

Même si leur utilisation traditionnelle est connue, peu de travaux de recherche ont été publiés et l'intérêt pour cette voie de valorisation est relativement récent (Anger, 2014).

## 3. Valorisation en techniques routières

Il existe différents exemples de valorisation de sédiments en technique routière en France. En 2005, à Dunkerque (Nord) une planche expérimentale routière utilisant des sédiments a été mise en place (Damidot *et al.*, 2006), puis en 2012 une route expérimentale de 600 mètres, dite route du quai « Freycinet 12 » a été construite (Anger, 2014; SEDILAB, 2011). Conçue pour supporter un trafic moyen de 100 poids lourds par jour et d'une durée de vie de 15 ans, sa construction a nécessité l'utilisation de 450 m<sup>3</sup> de sédiments secs soit 1 800 m<sup>3</sup> de sédiments dragués (Herman, *et al.*, 2014; a,b). En Basse Normandie (port de Bessin) une plateforme expérimentale a également été réalisée à partir de sédiments marins (Silitonga 2010 *in* Anger, 2014). En Lorraine (Dombasle) une route test de 100 m<sup>2</sup> a été réalisée en 2005 à l'aide de sédiments (Depelsenair 2007 *in* Anger, 2014). Une piste cyclable de 35 km a été réalisée à proximité du Mont Saint Michel à l'aide de 70 000 m<sup>3</sup> de sédiments carbonatés (tangué) (Anger, 2014) dont une illustration est proposée en figure 7 .



**Figure 7 : Piste cyclable du Mont Saint Michel élaborée à l'aide de 70 000 m<sup>3</sup> de sédiments (Anger, 2014)**

Cependant, des réponses restent encore à apporter, notamment en ce qui concerne l'adaptabilité des tests environnementaux, les contaminations multiples et la dangerosité et le comportement à long terme (Aqua, 2014).

#### **4. Valorisation en remblaiement de carrières**

Le remblaiement de carrière apparaît comme une possibilité prometteuse pour la gestion des sédiments de dragage et permet la restauration des milieux. A travers le programme de recherche SEDIGEST<sup>8</sup>, une méthodologie d'évaluation des risques écologiques a été conçue afin de proposer une approche permettant d'intégrer cette filière de valorisation des sédiments qui soit compatible avec les écosystèmes en place (Donguy, *et al*, 2007).

Dans le cadre du projet d'amélioration des accès maritimes, HAROPA-Port de Rouen mène différentes démarches de valorisation des sédiments de dragage. La gestion est différenciée en fonction de la nature des sédiments. Les matériaux limoneux sont mis en dépôt dans les ballastières<sup>9</sup> pour la récréation de zones humides et la valorisation paysagère, tandis que les matériaux sableux sont mis dans des chambres de dépôt pour être revalorisés ensuite dans le BTP. Un programme de suivi scientifique a été mis en place (Samson, 2013).

Ainsi en Normandie, l'opération « les tas dans les trous » a utilisé de 2000 à 2008 les sédiments dragués entre Tancarville et Rouen pour remblayer une ancienne ballastière de carrières (CBN filiale Eurovia). Au total, près d'un million de m<sup>3</sup> de sédiments a été utilisé pour combler la ballastière d'Yville sur Seine (en aval de Rouen) qui a servi de site de remblaiement expérimental. Une phase de réaménagement écologique a débuté en 2008 afin de créer des milieux humides tourbeux (prairies humides, mégaphorbiais) de grand intérêt écologique et rares à l'échelle nationale (figure 8). Les sédiments ont été recouverts de tourbe (environ 70 cm) et une recolonisation rapide du milieu par la végétation et notamment pour les prairies humides a été observée par les acteurs<sup>10</sup> du suivi scientifique mis en place. Un avis favorable a été émis par la commission de suivi sur l'aspect hydrogéologique de l'expérience et ce mode de gestion des sédiments a été validé grâce aux suivis scientifiques mis en place. L'utilisation des sédiments de

<sup>8</sup> <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-07-ECOT-0012>

<sup>9</sup> Une ballastière est une carrière en eau qui résulte de l'exploitation de matériaux alluvionnaires (Samson, 2013)

<sup>10</sup> L'université de Rouen (Equipe ECODIV) ; le Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine Normande grâce à des conventions mises en place avec le Grand Port Maritime de Rouen

dragage comme remblaiement est depuis acté dans la charte 2001/2011 du PNR des Boucles de Seine Normande (Journal Nature, 2013; Levesque, 2008; PNR, 2015).



**Figure 8 : Vue aérienne du site de remblaiement expérimental de la ballastière d'Yville sur Seine (en aval de Rouen) (Journal Nature, 2013)**

Autre exemple, le projet Predis vise à valoriser des sédiments marins du port de Gravelines sous forme de coulis pour combler des réseaux désaffectés comme par exemple les réseaux de charbonnage (SEDILAB, 2011).

### **5. Valorisation en génie côtier et en produits de construction/mobilier urbain**

En France, 379 millions de tonnes de granulats (dont sept millions provenant de la mer) sont consommés chaque année (Vernus *et al.*, 2013) ce qui ouvre un marché intéressant pour la valorisation des sédiments. Les laboratoires de l'école des mines, SITA Nord et Néo Eco ont réalisé un béton à partir de sédiment fluviaux et de matériaux minéraux recyclés qui sert déjà à l'élaboration de mobilier urbain comme des bordures de trottoirs, des bancs, des balconnières ou encore des support de vélo modulable (Anger, 2014, SITA Nord & Doublet, 2014, La Voix du Nord, 2012).

En 2013, des brises-vagues ont été réalisés pour le port de Dunkerque en intégrant des sédiments issus du chenal de Broucqaire et Darse 6 (Herman *et al.*, 2014; a,b) et ont été disposés sur la digue des Huttes à Dunkerque (Abriak *et al.*, 2014b). Des acropodes ont également été réalisés à Toulon en intégrant eux aussi des sédiments issus de dragages (Aqua *et al.*, 2013). Des illustrations de ces exemples de mobilier urbain élaborés à partir de sédiments sont présentées figure 9.



Figure 9 : Exemples de mobilier urbain élaboré à partir de sédiments : à gauche acropodes (Aqua et al., 2013) ; au centre bloc béton / brises-vagues à Dunkerque (Herman et al., 2014a) ; à droite support de vélo modulable (SITA Nord & Doublet, 2014)

## 6. Valorisation en aménagement paysager

### *Eco-modélé paysager dans un cordon dunaire*

Un éco-modélé paysager (figure 10) de 500 m, de 30 à 50 m de large et 5 à 7 m de haut, a été érigée entre le canal des Dunes et l'usine Polychim sur le site du Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD) (Abriak et al., 2014; Herman, et al., 2014a,b; SEDILAB, 2011). Elle a validé le comportement mécanique et a ainsi donné une vision de l'évolution des polluants à l'intérieur et dans le milieu récepteur par l'installation de cinq piézomètres. Un dépassement de quelques éléments chimiques pendant les derniers mois leur a fait envisager de prolonger ce suivi, qui était initialement prévu pour un an. Dans le cadre de cette valorisation, le suivi de la végétation pourrait être envisagé, végétation principalement composée de *Salix repens*, *Sambucus nigra*, *Hippophae rhamnoides* et *Acer campestre*.



Figure 10 : Eco-modélé paysager réalisé au Grand Port Maritime de Dunkerque (Herman et al., 2014a)

Le suivi environnemental réalisé dans le cadre de l'aménagement paysager du GPMD repose sur l'installation de piézomètres pour permettre l'analyse des eaux de surface et d'infiltration. Le suivi

de la végétation n'est pour l'instant qu'envisagé (Khezami, 2014). Cette valorisation des sédiments en butte paysagère a fait l'objet d'une thèse par M. Khezami (« Caractérisation et valorisation des sédiments fluviaux en butte paysagère ») encadrée par le DGCE de l'Ecole des Mines de Douai.

#### *Merlon éco-paysager*

Un merlon éco-paysager d'une hauteur de 2,5 m et d'une largeur de 10 m a été aménagé également dans le Bassin d'Arcachon. Cet ouvrage, réalisé à partir des sédiments traités de la première année recouvert d'une couche de terre végétale issue de la parcelle, a été végétalisé à l'aide d'essences locales d'origine indigène (transplantation sur place si possible) et n'intègre pas d'essences exotiques, urbaines ou ornementales. Les espèces herbacées ont été choisies de préférence afin de favoriser le corridor écologique pour la faune en particulier (SOVASOL, 2012).

#### *Polder*

La création de polder<sup>11</sup> remonte au XV<sup>ème</sup> siècle avec l'apparition des premières dragues aux Pays Bas (In Vivo, 2005). En France, des polders ont été créés le long de la côte Picarde (Baie d'Authie), au Nord-ouest de l'estuaire de la Gironde ou encore sur les îles de Ré, d'Oléron ou de Noirmoutier. La Baie du Mont Saint Michel abrite également des polders qui ont été construits dès 1856 afin de créer des supports aux cultures (comme les carottes, betteraves ou encore le blé). A l'époque, ils utilisaient déjà les sables et vases marins (tangues) qui étaient dragués à l'automne puis laissés hors de l'eau pendant l'hiver afin que les eaux de pluie diminuent la concentration en sels des sédiments (Bourret, 1997).

#### *Divers*

D'autres exemples de réalisations existent, comme les projets de réalisation en modelés paysagers et remblais divers (terre-pleins, merlons, ...) dans le département du Morbihan. Ils ont fait l'objet d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) afin de vérifier l'innocuité des matériaux sur la santé humaine. La ville de Vannes s'est engagée à réaliser des inventaires réguliers sur l'ensemble du site, notamment sur les fossés et haies périphériques ainsi qu'à mettre en œuvre un plan de gestion d'entretien du site. Les aménagements éco-paysagers sont conçus de manière à être favorables à la biodiversité. Des zones herbacées fauchées sont favorisées aux pieds des plantations ligneuses sur les zones périphériques (l'ensemencement est d'origine locale, et si possible spontané). Le choix des essences porte sur des espèces locales d'origine indigène (transplantation sur place si possible) et n'intègre pas d'essences exotiques, urbaines ou de cultivars ornementaux (IDRA Environnement, 2012).

### **7. Valorisation en couverture de friches industrielles**

Si elle intègre le cadre de la nouvelle version de la circulaire du 08/02/2007, la valorisation en couverture de friche industrielle constituerait une filière ponctuelle, certes peu connue encore, mais pouvant potentiellement utiliser de grands volumes de sédiments et pourrait permettre un recours à de la « terre » moins chère (Delcour, 2013). Cependant, cette utilisation pourrait engendrer des problèmes de compatibilité avec certaines requalifications.

---

<sup>11</sup> étendue artificielle de terre gagnée sur l'eau

## 8. Valorisation en renforcement/confortement de berges

Le canal de la Marne accueille près de 250 bateaux de commerce et plus de 400 bateaux de plaisance par an. Afin de maintenir les conditions normales de navigation et de garantir le tirant d'eau aux bateaux, l'enlèvement des dépôts de sédiments par voie de dragage s'avère nécessaire. Les 7 750 m<sup>3</sup> de sédiments inertes du canal de la Marne au Rhin Ouest ont été prioritairement réutilisés en confortement de berges après être passés dans une installation de transit servant à leur ressuyage. Ils ont été déposés sur les berges (figures 11 & 12), pour former des bandes de 5 à 10 m de large et de 10 à 30 cm d'épaisseur le long des rives de la voie d'eau. Les terrains ont été par la suite reprofilés par aplanissement ou à l'aide d'un remblai de façon à lui donner une surface régulière (Antéagroup, 2012a).



Figure 11 : confortement de berges sur un canal (source VNF)



Figure 12 : recyclage sur berges au niveau d'un chemin de halage (source VNF)

Un autre exemple de valorisation de sédiments en renforcement de berge est actuellement envisagé dans le port de Gävle, en Suède. Cette berge sera composée, pour sa partie extérieure, d'enochement, et pour sa partie intérieure, de 700 000 m<sup>3</sup> de sédiments contaminés (OFRIR, 2016).

## 9. Valorisation en couverture de sites de stockage

Plusieurs ouvrages font mention de la valorisation des sédiments en couverture de site de stockage (par exemple (DREAL Nord-Pas de Calais, 2011 ; In Vivo, 2008 ; Le Guern *et al.*, 2004) et notamment pour les propriétés imperméables des fractions fines. Cependant, aucun retour d'expérience ou d'exemple concret n'a été trouvé, à ce jour, dans la littérature pour cette voie de valorisation.

### IV. Le stockage

Dans le cadre de ses travaux d'amélioration des infrastructures du port du Guilvinec-Léchiagat (2008-2009), le Conseil Général du Finistère a réhabilité une ancienne carrière en un site de dépôt et de stockage de sédiments de dragage, non dangereux mais non valorisables, des ports départementaux de Cornouaille (Rasseneur, 2013). Il est à noter que cette réhabilitation d'anciennes carrières en dispositif de confinement était une première en France (avec un dispositif de confinement : géotextile, géomembranes, terre végétale, etc.). Elle a pu recevoir les sédiments marins de dragage déshydratés de plusieurs ports. Ce dispositif a permis d'encapsuler les sédiments et ainsi de limiter tout impact sur l'environnement. Trois piézomètres permettant le suivi de la qualité des eaux souterraines ont été installés sur le site. Un état initial de la qualité des eaux souterraines prélevées dans les piézomètres a été réalisé avant le dépôt des matériaux. Les analyses ont porté sur les métaux lourds, hydrocarbures, HAP, PCB, et TBT. Outre le maintien en bon état de propreté du site, le premier casier végétalisé fait l'objet annuellement de travaux de tonte pour éviter l'apparition d'arbres ou d'arbustes qui pourraient avec leurs racines détériorer la couche d'étanchéité (Rasseneur, 2013).

Cependant, les prescriptions devront être (i) justifiées d'un point de vue environnemental et (ii) proportionnées afin d'éviter des surcoûts financiers pouvant être difficilement supportables par les maîtres d'ouvrage. Dans l'exemple de valorisation décrit ci-dessus, une meilleure appréhension de la cinétique du TBT et spécifiquement en ce qui concerne sa dégradation sous les UV, est préconisée de manière à adapter les seuils de rejets et de limiter les surcoûts qui pourraient altérer la réalisation de tels projets. Un seuil avait été fixé à 2 ng/L pour les rejets d'eau, mais l'atteinte de celui-ci ne pouvait se faire que par le recours à un dispositif de traitement du type osmose inverse qui est utilisée pour la potabilisation de l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) (Rasseneur, 2013).

Aqua (2014) a également souligné la nécessité d'amélioration des connaissances pour la mise en place d'une nouvelle filière éco-industrielle pour un nouveau déchet public (le sédiment), et notamment en ce qui concerne :

- Les caractérisations y compris la dangerosité ;
- Les comportements en scénarios et analyses des risques ;
- L'efficacité des prétraitements et traitements ;
- Les planifications et les outils de gestion ;
- Les modèles économiques.

## **PARTIE 3 : MISE EN PLACE D'UNE ENQUETE A DESTINATION DES ACTEURS DE LA GESTION DES SEDIMENTS DE DRAGAGE**

---

Pour compléter l'analyse de la littérature scientifique, une enquête a été élaborée dans le but de recueillir le retour d'expérience de différents acteurs du milieu et d'obtenir une vision plus élargie et plus aboutie de la problématique de la gestion et de la valorisation à terre des sédiments contaminés. Il s'agit également d'obtenir des éléments de réponses concernant la faisabilité de l'éRé.

### **I. Matériel et méthode**

#### **1. Le contenu de l'enquête**

L'enquête comporte une quinzaine de questions. Afin de rendre le questionnaire plus vivant et de renouveler en permanence l'intérêt de la personne sondée, les formats de questions ont été alternés avec notamment :

- Des questions fermées à cocher (*exemple : oui / non / ne se prononce pas*) ;
- Des questions à choix multiples (QCM) :
  - o avec une seule réponse possible ;
  - o avec plusieurs réponses possibles
- Des questions à échelle linéaire permettant d'indiquer une préférence ou de hiérarchiser les réponses (*exemple : totalement d'accord / plutôt d'accord / plutôt pas d'accord / totalement pas d'accord / Ne se prononce pas*) ;
- Des questions ouvertes.

Une courte présentation précède les premières questions afin de résumer en quelques lignes le cadre de l'étude (« impact écologique de sédiments pollués extraits et déposés en milieux terrestres »), les auteurs (LSVF/ILIS et RECORD) ainsi qu'une indication sur le temps de réponse estimée (environ 15 min).

Le déroulé de l'enquête évolue selon le profil et l'expérience du professionnel sondé. Ainsi chaque participant peut avoir un nombre de question différent. Pour faciliter la saisie et l'analyse des réponses, l'enquête a été créée en ligne *via* la plateforme « Google Form ». Le questionnaire et la logique de l'enchaînement des questions sont présentés en Annexe 1.

Le questionnaire a été envoyé par mail aux différents contacts de façon personnalisée (Annexe 2). En effet, une attention particulière a été portée sur l'envoi du questionnaire, afin de justifier la prise de contacts avec l'interlocuteur (*nous savons que vous avez travaillé sur... / que vous faites partie du comité de rédaction de... / que vous avez réalisé tel ouvrage...*) et de susciter l'intérêt des répondants. Dans le but de rassurer les personnes sollicitées, l'anonymat des réponses récoltées a été garanti. Afin de remercier les participants pour leur contribution, il leur a été proposé de recevoir une note synthétique de l'analyse des résultats.

#### **2. Le public ciblé par l'enquête**

Dans le but d'atteindre un panel d'acteurs le plus représentatif possible, l'enquête a ciblé des acteurs présentant :

- ✓ des profils d'activité variables : opérationnels, scientifiques, institutionnels, experts, juristes, associatifs, maître d'œuvre... ;
- ✓ des supports de travail variables : sédiments portuaires, estuariens, marins, fluviaux ;
- ✓ des localisations géographiques différentes. Sur ce point, les contacts ont volontairement été ciblés francophones (Français, Belge, Canadien). En effet, à la lumière de l'analyse bibliographique à l'échelle internationale, des différences ont été mises en évidence dans la réglementation selon les pays (*cf* Partie I). De plus, à l'échelle nationale, des zones d'ombre existent d'un point de vue réglementaire et la gestion à terre des sédiments et leurs valorisations apparaissent comme particulièrement complexes. Dans un souci de clarté, il est apparu nécessaire de se focaliser cette fois à l'échelle nationale. Toutefois, la portée du questionnaire est plus large à travers le retour d'expériences de bureaux d'études internationaux comme ENVISAN, Tauw environnement ou encore URS/AECOM et de scientifiques impliqués dans des programmes de recherches européens/internationaux (par exemple : le Professeur Nor Edine Abriak, école de mines de Douai [Sedilab, Sedigest, Sedimatériaux,...]; le Docteur Ben Amor Mourad, Université de Sherbrooke, Canada, fondateur du LIRIDE [Laboratoire interdisciplinaire de recherche en ingénierie durable et en éco-conception] et membre du comité scientifique du « International Symposium on Sediment Management » [I2SM] ; le Docteur Patrice Rivard, Université de Sherbrooke, Canada, membre du comité scientifique du I2SM ; le Docteur Claire Chassagne, Université de Delft aux Pays-Bas, partenaire du projet européen CEAMaS ; le Professeur Mohamed Ridha Driss, Université de Carthage, Faculté des sciences de Bizerte, Tunisie ; le Docteur Sébastien Sauvé, Université de Montréal, Canada).

Les acteurs ont été recensés à travers la recherche bibliographique sur la valorisation à terre des sédiments comme auprès du centre de ressources SEDILAB (<http://www.sedilab.com>). Les contacts ont également été recrutés à travers leurs participations :

- à la rédaction de **divers rapports** sur la valorisation des sédiments (Aqua *et al.*, 2013 ; Cerema, 2011 ; CETMEF, 2008 ; Gregoire & Glaser, 2010 ; Grenelle de la Mer, 2010 ; Herman, *et al.*, 2014a ; Le Guern *et al.*, 2004 ; Ministère de l'écologie et du développement durable, 2002 ; Tauw Environnement & Ophrys, 2001 ; Tiffreau & Laboudigue, 1997 ; USAN, 2011 ; Vernus *et al.*, 2013) ;
- à la rédaction de **guides méthodologiques** (Abriak *et al.*, 2014 ; Agence Artois Picardie, 2002 ; Donguy *et al.*, 2007 ; Geode, 2012 ; In Vivo, 2008, 2005 ; Mamindy-pajany, 2014 ; VNF, 2012...) ;
- en tant que **membres de groupe d'experts** comme GEODE<sup>12</sup> ou ASTEE<sup>13</sup> ou **membres de comité de lecture** comme Cap sédiment (<http://cap-sediments.fr/comite-lecture.html>) ;
- à des **communications** (conférences, tables rondes, salons...) comme Journée nationale du sédiments, Assises Port du futur, Grenelle de la mer, Pollutec ... (Abriak, 2014 ; 2015 ; CD2e, 2013 ; Gerard & Ducros, 2014 ; Gregoire & Proulhac, 2010 ; Herman, *et al.*, 2014a) ;

---

<sup>12</sup> GEODE : Groupe d'étude et d'observation sur le dragage et l'environnement

<sup>13</sup> ASTEE : Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement

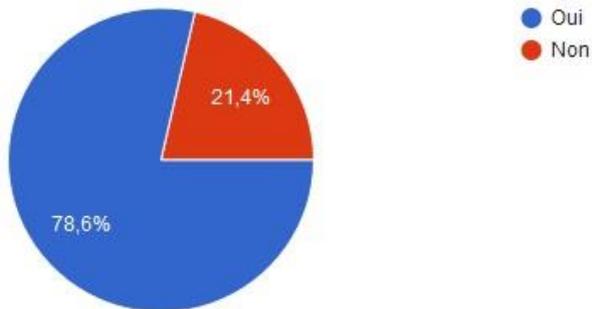
- à différents **projets** tels que Sedivald (Garbolino, *et al*, 2013), Sedimar (Marmier *et al*, 2013 ; Sannier *et al*, 2013), Seditox (Marmier & Mamindy-Pajany, 2013), Sedimatériaux (<http://www.cd2e.com/recyclage-valorisation/projet-sedimateriaux>) (Abriak, 2014 ; 2015 ; Borloo, *et al*, 2010) , sedigest (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-07-ECOT-0012>) (Donguy *et al*, 2007) , CEAMaS (<http://www.ceamas.eu/>), ...

## II. Résultats

L'enquête a été diffusée à un panel de 233 acteurs, 95 % travaillant en France (les autres pays sollicités étaient la Belgique, les Pays-Bas, la Tunisie et le Canada).

→	Nombre de réponses :	44
→	Taux de réponse :	18,9 %

78,6 % des personnes interrogées (33 personnes) ont déclaré avoir un retour d'expérience sur des projets de valorisation ou de gestion à terre des sédiments (figure 13).



**Figure 13 : Sondage sur un retour d'expérience de valorisation à terre des sédiments**

Parmi les 33 personnes ayant un retour d'expérience sur des projets de valorisation ou de gestion à terre, 32 ont précisé le cadre dans lequel ils y avaient participé (figure 14). Ainsi la majorité (50 %, soit 16 personnes) a participé en tant que qu'expert scientifique, 12,5 % (soit quatre personnes) en tant qu'opérateur et en suivi de projet, 9,4 % (soit trois personnes) en tant que maître d'œuvre et 15,6 % (soit cinq personnes) ont répondu autre (maître d'ouvrage, exécution de projet, financeur, instructeur réglementaire Loi sur l'Eau, coordinateur de projet européen).

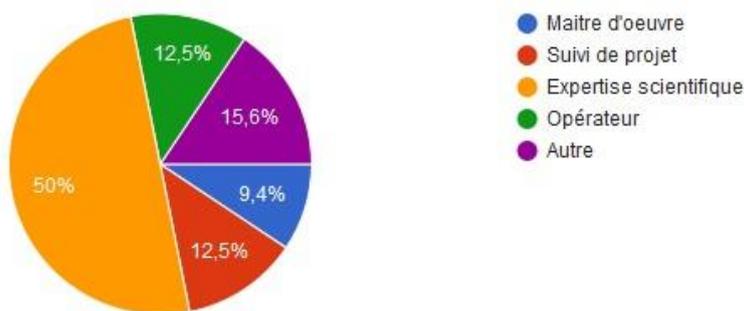


Figure 14 : Répartition des différents secteurs d'activités des répondants ayant un retour d'expérience sur des projets de valorisation de sédiments

En plus de la qualité physico-chimique des sédiments exigée par la réglementation (arrêté du 09/08/2006 entre autre), 73,8 % des personnes interrogées (soit 31 personnes) se sont déclarées favorables à la réalisation d'analyses supplémentaires (figure 15).

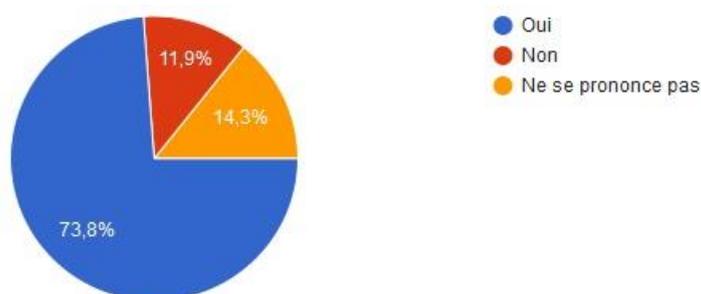


Figure 15 : Sondage concernant la pertinence d'analyses supplémentaires

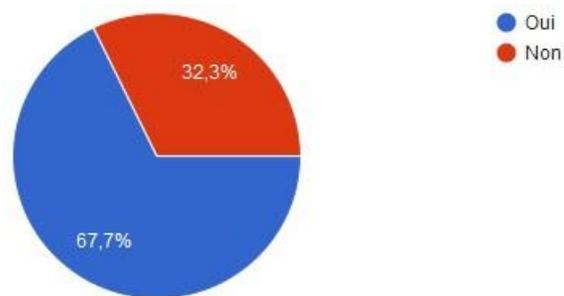
Ces 73,8 % de personnes ont apporté des compléments de réponses sur la pertinence de réaliser une caractérisation supplémentaire, avec notamment la réalisation de l'évaluation du critère HP14 (voire HP15 après l'utilisation) relatif à l'arrêté du 12/12/2014. Pour d'autres, des analyses supplémentaires permettent/permittraient de mieux caractériser et d'appréhender :

- Les évolutions néfastes s'il y a présence de contaminants ;
- La manière dont les éléments dangereux sont piégés ;
- La présence par exemple d'une micro-faune ;
- Les transferts potentiels dans la chaîne trophique ;
- Pour évaluer les concentrations ;
- Les aspects microbiens/virologiques/parasitaires et l'impact sur les sols et en fonction des usages concernés, et la caractérisation biologique en général.

Plusieurs réponses soulignent que l'analyse *in vitro* et la caractérisation chimique seules ne sont ni suffisantes ni exhaustives, que le matériau est complexe et évolutif, ce qui influencera le comportement des xénobiotiques et un relargage progressif de contaminants. La concentration n'est pas un critère de nocivité/risque.

Ces analyses permettent/permittraient une meilleure estimation des impacts sur les milieux, les composés des sédiments étant spécifiques. D'autres remarques font également mention du fait que certains contaminants ne sont pas pris en compte et que l'on ne connaît que ce qu'on analyse.

Dans le cadre d'un projet de dragage, 67,7 % des personnes (21) ayant répondu que des analyses supplémentaires seraient pertinentes ont répondu avoir été amenées à en réaliser dans le cadre d'un projet de dragage ; 32,3 % (10) ont quant à elles déclaré ne pas en avoir réalisé (figure 16).



**Figure 16 : Sondage sur des analyses effectivement réalisées lors d'un dragage**

19 personnes sur ces 21 ont complété leur réponse par différentes remarques. En ce qui concerne les analyses physico-chimiques mentionnées comme réalisées, les précisions étaient les suivantes :

- les analyses pour l'évaluation du critère HP14 (obligation réglementaire suite à l'arrêté du 12/12/2014 relatif aux ISDI) ;
- une étude minéralogique, extraction chimique « sélective », mesure de différents paramètres (taux de carbonate, de matière organique, granulométrie (pour une meilleure compréhension du comportement des contaminants en conditions oxydantes, dans le cadre de programme R&D) ;
- granulochimie : répartition des polluants en fonction de la distribution granulométrique (pour identifier la part de sédiment valorisable à moindre coût et la spéciation des métaux présents pour adapter le traitement de purification), ou spéciation des métaux pour déterminer le comportement au fil du temps ;
- valeurs agronomiques (mesures sur les jus de lixiviation et sur des extractions chimiques sélectives simples) ou par des tests de lixiviation/perméabilité à l'optimum Proctor, essai au bleu...
- toutes les analyses Sédimentaires ;
- écotoxicologiques ;
- des formes du soufre et du fer (pour évaluer le potentiel évolutif des sédiments) ;
- différence selon le dragage, les scénarios, la liste des analyses de bases pouvant évoluer ;
- des paramètres particuliers qui posent au représentant du SAGE ;
- Ag et radionucléides ;
- Echantillonnage problématique, le sédiment évoluant au cours du stockage ;
- Des dosages de contaminants hors liste obligatoire pour détecter une existence ou non.

En ce qui concerne les tests écotoxicologiques, neuf réponses sur 19 font mention du protocole HP 14, qu'il soit modifié (celui qui devrait sortir en réglementation) ou non, ou de tests de lixiviations pour le dépôt à terre, sur des larves d'huître étant un exemple donné. Une réponse fait mention de l'obligation réglementaire de ce protocole. D'autres tests ont été rapportés comme réalisés :

- Test de germination, test de croissance couplé à des valeurs de bioaccumulation et test chronique ver de terre ;
- Plantes, vers de terre, ostracode, daphnies, micro-algues, rotifères, lignées cellulaires de poissons, tests chroniques à chaque fois que cela est possible ;

- Deux réponses font mention d'essais d'évitement et de reproduction des vers de terre (généralement proposés dans le cadre d'une valorisation sous forme de remblais) dont une réalisant en supplément une mesure de la bioaccumulation dans les vers adultes ;
- Les essais « classiques » de toxicité aiguë et chronique sur des organismes aquatiques et terrestres, sur des sédiments bruts, centrifugés, lavés vieillis ainsi que sur les éluats, filtrés ou non ;
- Bio-essais sur des pilotes de vieillissement des sédiments, ou sur sédiments déjà vieillis sur le terrain ;
- Sur des végétaux, des organismes d'eau douce pour évaluer l'acceptabilité pour le milieu récepteur ;
- Sur des communautés benthiques, étude de bioaccumulation dans les organismes.

Un commentaire signale que ces analyses ont été réalisées pour donner une signification à des données résultats d'analyses chimiques non exhaustives et sans réels seuils réglementaires.

Deux personnes ont répondu que les tests écotoxicologiques s'étaient effectués sur le sédiment, l'éluat et *in situ*, 14 sur le sédiment et l'éluat, et quatre uniquement sur le sédiment (figure 17).

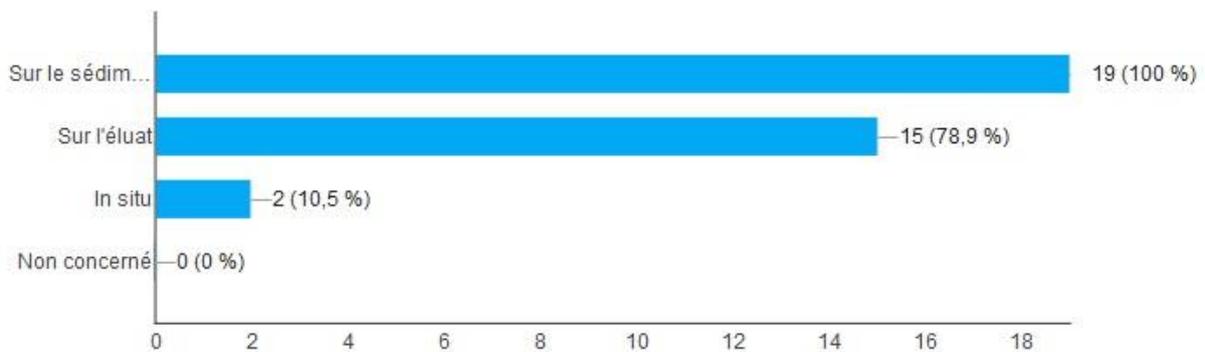


Figure 17 : Sondage sur la réalisation des tests écotoxicologiques

Pour les 11,9 % de personnes (cinq ; figure 15) ayant répondu que des analyses supplémentaires ne seraient pas pertinentes, trois arguments ont été apportés.

Un premier est que les demandes des services instructeurs allaient déjà au-delà de la réglementation. Le deuxième est que la procédure réglementaire encadrant la gestion des sédiments est déjà lourde, compliquée et peu adaptée à la matrice. Cette personne a précisé sa réponse en expliquant que d'un département à l'autre, il existe des différences d'application de la Loi (pas d'accord sur les lectures ou les tolérances entre les différentes Direction Départementales des Territoires et de la Mer aboutissant à des notes internes pour l'instruction des demandes d'autorisation différentes). De plus, pour cette même personne réaliser des analyses supplémentaires aggraverait ces « problèmes », et rendrait la gestion des sédiments encore plus complexe, aussi bien en termes de valorisation, économique ou d'opportunité, ce qui pourrait favoriser les curages sauvages. Le dernier fait mention du fait que tous les paramètres analysés se situent sous le seuil d'admissibilité.

En ce qui concerne l'appréciation par les personnes interrogées de la qualité de la traçabilité des sédiments gérés à terre, 33 réponses ont été obtenues. Sept personnes font mention d'une bonne traçabilité (voire très bonne) avec par exemple des bordereaux de suivi de déchets signés par les

transporteurs et les différentes entreprises concernées, et que la mise en œuvre de la traçabilité par VNF pour la gestion à terre des sédiments est plutôt satisfaisante.

Six personnes sont sans avis, ou estiment que cette question est en dehors de leur champ de compétences/connaissances. Quatre autres réponses mentionnent le fait que la traçabilité est faible, médiocre, à améliorer ou inexistante.

Différentes réponses ont fait l'objet de préconisation(s), qui sont notamment les suivantes :

- Proscrire le dépôt de sédiment non inerte en zones (humides) surplombant des nappes phréatiques ;
- Réaliser un plan de gestion pour chacun des dépôts (avec date, origine, volume des sédiments...) ou tenir un tableau de bord avec pour chaque sédiment son origine, les conditions de prélèvement, la description du milieu (contexte d'origine) et les caractéristiques du sédiment ;
- S'inspirer de la traçabilité de la sortie de déchets ;
- Suivre le TBT pour les sédiments des ports ; tenir compte de l'« ageing effect » ;
- Deux remarques ont fait mention de la mise en place d'une démarche similaire à celle utilisée dans le domaine des terres excavées.

D'autres dernières remarques font mention que des recommandations simples seraient utiles, et que la mise en place d'une traçabilité impose de l'honnêteté et de la transparence des informations, et que la mise en place d'un suivi de la qualité/toxicité des eaux de ruissellement lessivant les dépôts à terre devrait être mis en place pour valider ce qui a été évalué sur les éluats.

93 % des personnes interrogées ont donné leur avis (inutile, à réaliser au cas par cas, indispensable, Ne se prononce pas) sur la caractérisation des sédiments à l'issue la phase de stockage. Les résultats pour les quatre filières de valorisation proposées sont représentés dans le tableau XVI.

**Tableau XVI : Résultat sur la pertinence de réaliser une caractérisation des sédiments à l'issue de la phase de stockage**

	Inutile	A réaliser au cas par cas	Indispensable	NSP	Vide*
<b>Génie civil</b>	2	14	24	1	3
<b>BTP</b>	1	15	24	1	3
<b>Aménagement paysager</b>	1	13	28		2
<b>Remblaiement</b>	2	13	26		3

\* Correspond aux nombres de personnes n'ayant pas souhaité répondre à la question (passage direct à la question suivante) et se distinguent bien des personnes ne souhaitant pas se prononcer sur la question.

Pour ces quatre filières de valorisation (Génie civil, BTP, Aménagement paysager et Remblaiement), la majorité des personnes a répondu que la caractérisation à l'issue de la phase de stockage était indispensable, et notamment en ce qui concerne l'aménagement paysager (66,7 %) et le remblaiement (63,4 %).

A propos de la prise en charge de cette caractérisation, 23 réponses ont été obtenues et les réponses sont les suivantes.

Un des répondants est sans avis sur cette question, un autre fait mention du fait que cette question est juridique et qu'il ne peut se prononcer. Un autre commentaire précise que cette prise en charge pourrait être variable en fonction de la caractérisation et de la filière. Les réponses les plus fréquemment citées sont le gestionnaire de l'installation de transit/du dépôt (6), mais également le maître d'ouvrage (5).

En autres propositions pour la prise en charge de ces caractérisations supplémentaires :

- bureau d'étude ;
- celui qui demande cette caractérisation ;
- le fournisseur de sédiments ou les acteurs économiques/collectivités ayant généré le sédiment pollué (2) ;
- le gestionnaire final des sédiments (2);
- un organisme indépendant missionné par le propriétaire du déchet ;
- le « propriétaire » du sédiment pour que l'utilisateur ait tous les éléments pour décider de sa bonne utilisation ;
- les structures d'Etat (DREAL, DDT, ...).

Un commentaire fait mention du fait que la compétence de gestion des déchets est communale, mais que la charge technique et financière de cette caractérisation et de gestion des sédiments est souvent trop lourde pour les municipalités : le gestionnaire identifié devrait avoir un pouvoir technique et financier assez important pour gérer ce type de mission. Un dernier commentaire sur cette question de prise en charge précise qu'avant de savoir qui, il faudrait bien préciser quoi faire exactement.

88,6 % des personnes interrogées (soit 39) ont mentionné la ou les filières de valorisation pour lesquelles ils connaissaient une (ou des réalisations). Les résultats sont présentés dans la figure 18.

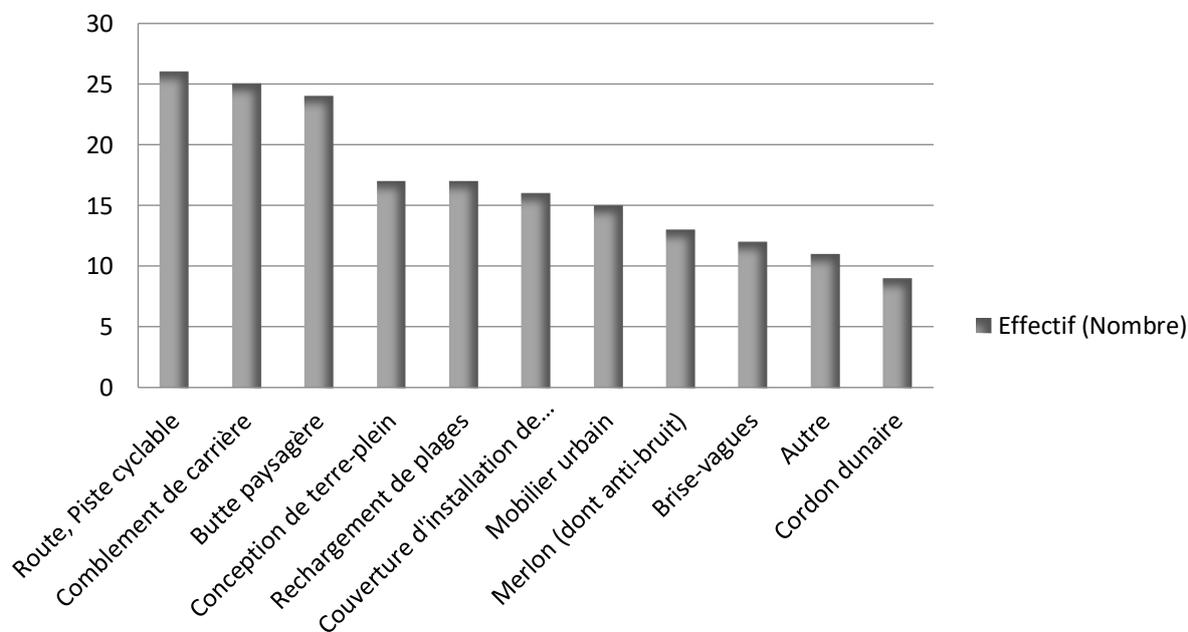


Figure 18 : Sondage sur la connaissance de réalisation des filières de valorisation

Les filières de valorisation les plus « connues » en termes de réalisation parmi les personnes ayant répondu sont :

- les routes et pistes cyclables, avec 26 personnes sur 39 (soit 66,7 %) ;
- le comblement de carrières, avec 25 personnes sur 39 (soit 64 %) ;
- la butte paysagère, avec 24 personnes sur 39 (soit 61,5 %).

Parmi les réponses « Autre », les exemples suivants ont été cités : régilage, granulat artificiel, amendement agricole, création d'îles artificielles, construction de sol, fabrication de briques, création d'un complexe sportif, remblaiement de ballastière, récréation de zones humides.

Parmi les personnes interrogées, 28,6 % (soit 12 personnes sur 42 ; figure 19) ont participé à un projet d'éco-modèle paysager conçu à partir de sédiments de dragage. Parmi eux, certains (7) ont répondu avoir eu recours à un guide méthodologique/cahier des charges, et 6 ont cité en exemple ce qu'ils avaient utilisé :

- le guide SETRA (cité 3 fois) ;
- le guide sur la caractérisation géotechnique des éco-modèles ;
- des études environnementales (diagnostic de site, évaluation détaillée des risques et plan de gestion) ;
- le guide hollandais.

Deux personnes ont déclaré ne pas avoir eu recours à des outils, et trois ne se sont pas prononcés.

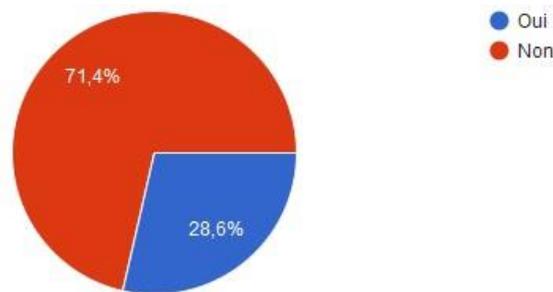


Figure 19 : Sondage sur la participation à la réalisation d'un éco-modèle paysager

Les sédiments utilisés au cours de ce type de valorisation étaient marins dans 66,7 % des réponses (8) et d'eau douce pour les 33,3 % (4) (figure 20).

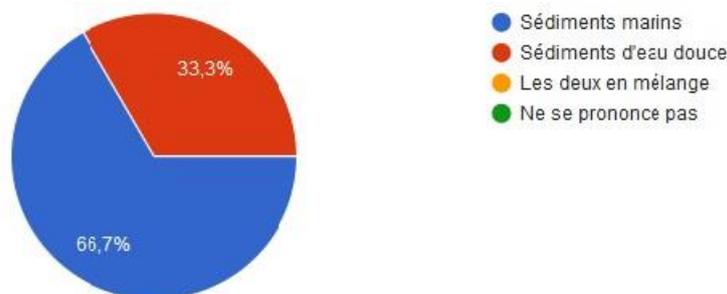


Figure 20 : Sondage sur la nature des sédiments utilisés

En ce qui concerne les fractions granulométriques, la majorité des personnes interrogées ayant un retour d'expérience ont déclaré les avoir toutes utilisées (58,3 %, soit sept personnes), les cinq autres personnes ont soit fait une sélection de certaines, soit utilisé un mélange de sédiments «

entiers » et de différentes fractions ; une personne a préféré ne pas se prononcer. La répartition des réponses est présentée dans la figure 21.



**Figure 21 : Sondage sur les fractions granulométriques utilisées pour la réalisation de l'éco-modèle paysager**

Les résultats sur l'âge des sédiments utilisés par notre panel de répondants ayant un retour d'expérience sur de la valorisation en éco-modèle paysager sont présentés dans le tableau XVII.

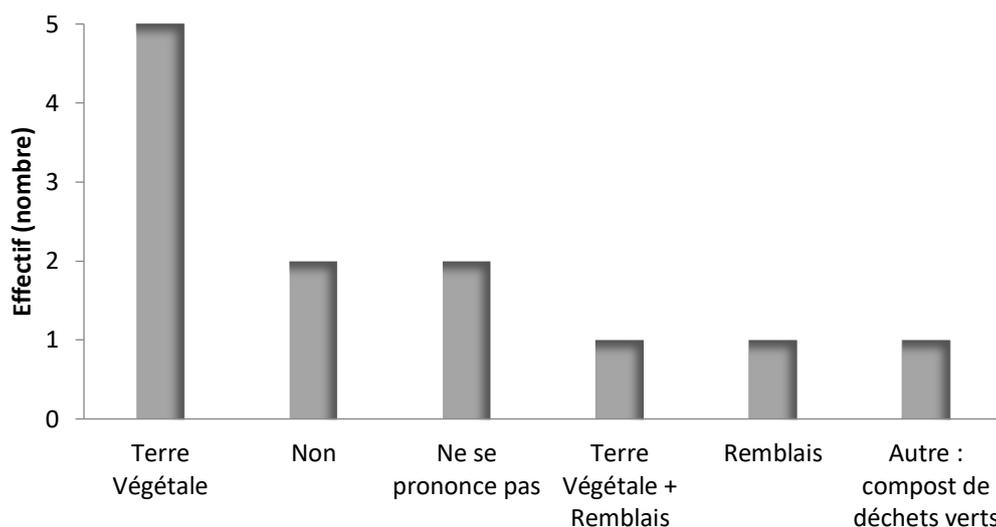
**Tableau XVII : Sondage sur l'âge des sédiments utilisés**

	Nb de Réponse	%
Entre 0 et 6 mois inclus	2	16,7
Entre 6 et 12 mois inclus	1	8,3
Entre 12 et 18 mois inclus	2	16,7
Plus de 24 mois	2	16,7
Entre 0 et 6 mois inclus, entre 6 et 12 mois inclus	1	8,3
Entre 12 et 18 mois inclus, plus de 24 mois	1	8,3
Ne se prononce pas	3	25
<i>Nombre de réponses totales :</i>	<i>12</i>	

L'âge des sédiments utilisés dans le cadre de leur retour d'expérience est varié, notons cependant que deux personnes ont utilisé deux sédiments d'âge différents.

Les raisons pour le choix de tel type de sédiments ont été variées et neuf réponses ont été apportées. Une personne a mentionné que la démarche avait été inverse, et qu'ils avaient cherché une filière de valorisation adaptée à leurs sédiments. Pour les autres personnes ayant partagé leur retour d'expérience, le choix s'est fait soit avec les partenaires du projet Sédimatériaux, soit en fonction des concentrations des contaminants présents dans les sédiments, de la granulométrie et des besoins de dragage, soit parce qu'il s'agissait de sédiments inertes ne présentant pas de risques de transfert de polluants dans l'environnement ou finalement soit pour des questions de disponibilité et de compatibilité. Egalement, dans le cadre d'un projet de recherche deux sédiments (l'un jugé fortement polluant, le second faiblement) ont été choisis. Un dernier répondant mentionne la fourchette de contamination large.

Pour ce type de valorisation, un recours à d'autre(s) matériau(x) est possible. Les retours d'expérience de notre panel sont présentés dans la figure 22.



**Figure 22 : Sondage sur le recours à d'autre(s) matériau(x) que des sédiments dans la réalisation d'éco-modélé paysager**

Parmi les propositions du questionnaire (Terre végétale ; Remblais), la terre végétale a été déclarée comme la plus utilisée dans le cadre de cette valorisation. Six répondants ont déclaré avoir eu recours à celle-ci, dont une avec l'utilisation de remblais en complément. 16,7 % des personnes (deux) ayant ce retour d'expérience ont déclaré ne pas avoir eu recours à de la terre végétale ou à des remblais.

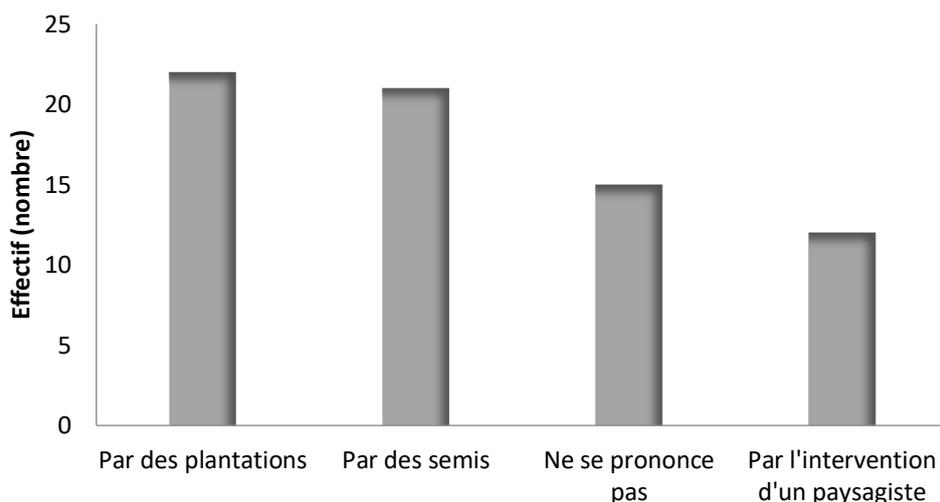
Ce type de valorisation peut se réaliser de différentes manières, et les résultats des personnes ayant un retour d'expérience sont présentés dans la figure 23.



**Figure 23 : Sondage sur le mode de réalisation de l'éco-modélé paysager**

Dans 50 % (soit six réponses) des cas l'éco-modélé paysager s'est réalisé par dépôts de couches successives, dans 25 % (trois réponses) l'éco-modélé a été réalisé par tronçon, 16,7 % (2 personnes) ont répondu « autre » et ont précisé leur réponse : la réalisation s'est fait en mélange des méthodes proposées, et que le dépôt a par la suite été recouvert de 30 cm de terre ; une personne ayant préféré ne pas se prononcer.

Les résultats de l'enquête sur comment la végétalisation d'un ouvrage valorisant les sédiments devrait être favorisée sont présentés dans la figure 24 (41 réponses obtenues).



**Figure 24 : Sondage sur la manière de favoriser la végétalisation sur des éco-modèles paysagers**

Le recours à des semis et/ou des plantations est la réponse la plus fréquemment citée (22 et 21 personnes sur 41, soit 53,7 et 51,2 %). L'intervention d'un paysagiste a été moins mentionnée (12 réponses sur 41). Différentes combinaisons de réponses étant possibles, celles-ci sont présentées dans le tableau XVIII.

**Tableau XVIII : Combinaison des différents moyens de favoriser la végétation**

	Nombre de réponse	%
Ne se prononce pas	13	31,7
Par des plantations et des semis	8	19,6
Par des semis, des plantations et l'intervention d'un paysagiste	8	19,6
Par des plantations	4	9,8
Par des semis	3	7,3
Par l'intervention d'un paysagiste	1	2,4
Par des semis et l'intervention d'un paysagiste	1	2,4
Par des plantations et l'intervention d'un paysagiste	1	2,4
Par des semis, des plantations et l'intervention d'un paysagiste, NSP	1	2,4
Autre : dépend de la spécificité, à gérer au cas par cas	1	2,4
Vide*	3	-
<b>Nombre de réponses totales :</b>	<b>44</b>	

\* Correspond aux nombres de personnes n'ayant pas souhaité répondre à la question (passage direct à la question suivante) et se distingue bien des personnes ne souhaitant pas se prononcer sur la question.

31,7 % des personnes interrogées ont préféré ne pas se prononcer sur la manière dont la végétalisation devrait être favorisée. Les personnes interrogées ont répondu, à hauteur de 19,6%, que la végétalisation devrait être favorisée par des plantations et des semis, ou par ces mêmes étapes avec le recours à un paysagiste en plus. Le recours à des plantations, des semis, un paysagiste séparément est moins cité (9,8 % ; 7,3 % ; 2,4 %).

Les résultats sur les avantages en termes financiers, de vitrine, d'acceptation des riverains, géotechnique, paysager, écologique, sanitaire ou de valorisation des sédiments d'un aménagement sont présentés dans le tableau XIX.

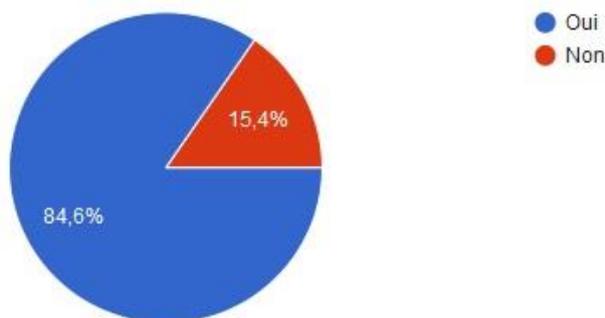
**Tableau XIX : Sondage sur les avantages des aménagements paysagers**

	Totalement d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Totalement pas d'accord	NSP	Vide*
<b>Financier</b>	3	22	4	3	9	3
<b>Vitrine</b>	5	19	8	1	7	3
<b>Acceptation des riverains</b>	3	22	8		7	4
<b>Géotechnique</b>	4	16	6	1	12	5
<b>Paysager</b>	11	20	2		6	5
<b>Ecologique</b>	8	14	7	2	9	4
<b>Sanitaire</b>	1	9	6	4	19	5
<b>Valorisation des sédiments</b>	17	19	1		2	5

\* Correspond aux nombres de personnes n'ayant pas souhaité répondre à la question (passage direct à la question suivante) et se distinguent bien des personnes ne souhaitant pas se prononcer sur la question.

La majorité des personnes a répondu être plutôt d'accord sur le fait que les aspects « financier », « vitrine », « acceptation des riverains » et « géotechnique » représentent un avantage pour l'aménagement paysager. Les aspects « paysager » et « valorisation de sédiments » présentent des réponses plus unanimes, en effet 31 personnes sont totalement ou plutôt d'accord avec l'avantage que représente l'aspect paysager, et 36 personnes pour l'aspect valorisation de sédiments. Pour l'aspect sanitaire, un peu moins de la moitié des personnes ayant répondu à la question ont préféré ne pas se prononcer, 10 étant ou plutôt pas d'accord voire totalement pas d'accord avec l'avantage sanitaire que représenterait l'aménagement paysager.

Pour 84,6 % des personnes interrogées (soit 33 personnes), un suivi pour étudier l'impact environnemental de l'éco-modèle paysager est (ou a été) à mettre en place, 15,4 % n'étant pas pour cette mise en place (figure 25).



**Figure 25 : Sondage sur la pertinence d'effectuer un suivi à l'issue de la valorisation**

32 personnes sur les 33 ayant répondu qu'un suivi devait être mis en place pour étudier l'impact environnemental ont précisé les raisons pour lesquelles l'impact environnemental devrait ou a été suivi pour :

- s'assurer qu'il n'y a pas d'impact négatif sur l'environnement et qu'il y a bien absence de conséquence néfaste sur le milieu environnant (réponse citée plusieurs fois) ;
- permettre de vérifier l'innocuité de la filière de valorisation ;
- évaluer la réussite de la réalisation ainsi que sa pérennité ;

- mesurer les effets sur le long terme.

Le contrôle devrait ou a également été mis en place pour :

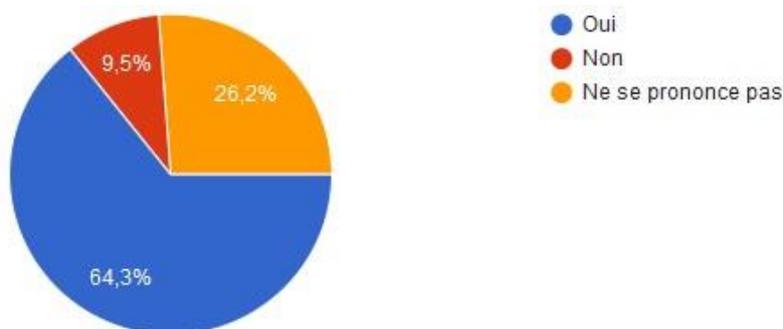
- suivre l'évolution dans le temps de la valorisation (certains contaminants ont des spéciations pouvant évoluer ; sans traitement les sédiments ne sont pas stables et non réactifs), (réponse citée plusieurs fois) ;
- vérifier l'absence de relargage de contaminants (réponse citée plusieurs fois) et/ou l'absence d'émissions, pouvant se transférer dans la chaîne trophique (*via* notamment les plantes et les décomposeurs) ;
- confirmer le caractère inerte sur le milieu.

Une remarque mentionne le fait que ce suivi est à gérer au cas par cas selon les études préalables effectuées, et qu'il permet de vérifier l'adéquation des aménagements et le respect des éléments présents dans l'étude d'impact et l'absence de dérive. Plusieurs commentaires ont également mentionné que ce suivi permet/ permettrait d'acquérir un retour d'expérience suffisant et donc pouvoir donc considérer que ce type d'aménagement ne génère pas d'impact sur la qualité des eaux et des sols et que cela permet de vérifier *in situ* ce qui se passe réellement (chaque lieu et type de valorisation étant quasiment un cas unique encore pour le moment). Un dernier commentaire précise que ce suivi est préconisé dans la démarche Sédimatériaux.

Pour les trois personnes ayant répondu qu'un suivi environnemental n'était pas à mettre en place, les réponses ont été argumentées de différentes manières :

- soit qu'il n'y avait pas matière à le faire ;
- soit que les précautions environnementales doivent être prises avant et qu'il faut être en mesure d'anticiper toute évolution néfaste avant la mise en œuvre des matériaux, en s'assurant que le futur ouvrage ne pose aucun problème compte tenu de son usage ;
- si le matériau a pu être valorisé c'est qu'il ne présente pas de problème et que c'est inutile de rajouter un suivi.

En ce qui concerne le fait d'inclure ou non des aménagements spécifiques pour le suivi de l'éco-modélé, 64,3 % des personnes interrogées (27) s'y montrent favorables, contre 9,5 % (4) ne l'étant pas (26,2 % ne s'étant pas prononcées, 11) (figure 26).



**Figure 26 : Sondage sur la nécessité d'inclure des aménagements spécifiques**

Parmi ces 27 personnes favorables, 21 personnes ont complété leurs réponses sur les aménagements qui devraient ou ont été inclus pour le suivi de l'éco-modélé.

Les sédiments peuvent présenter des risques sanitaires, il y a nécessité de suivre la durabilité chimique, l'effet du vieillissement, les changements de spéciations, la zone de battement de nappes. Huit réponses mentionnent l'installation de piézomètres comme aménagement pour le suivi environnemental (une réponse précisant également l'installation de piézomètre à proximité de la zone d'étude), une un piézair dans le cas de contaminants volatils, et qu'*a minima* des piézomètres et un suivi écologique sont à envisager.

Une réponse mentionne le fait que cela relève encore de l'expérimentation (pas d'autorisation réglementaire globale), qu'un suivi est indispensable et qu'il se définit au cas par cas selon le projet. Une autre réponse est que cela est difficile à dire dans l'absolu car cela est fonction du site, des aménagements réalisés, du contexte local, des enjeux environnementaux et sanitaires de la zone, de la qualité des sédiments...

Quatre réponses mentionnent également un inventaire écologique pour suivre l'impact de la valorisation sur la faune et la flore. Trois réponses indiquent une mesure des écoulements et la composition chimique des eaux percolant, ainsi qu'une gestion des flux d'eau et de sa disponibilité. Un dernier répondant mentionne le fait qu'il est sans avis sur la question.

Parmi les personnes faisant partie du panel de répondants, 54,8 % des personnes (23) pensent qu'un risque écologique est possible à l'issue de la valorisation paysagère des sédiments (figure 27).

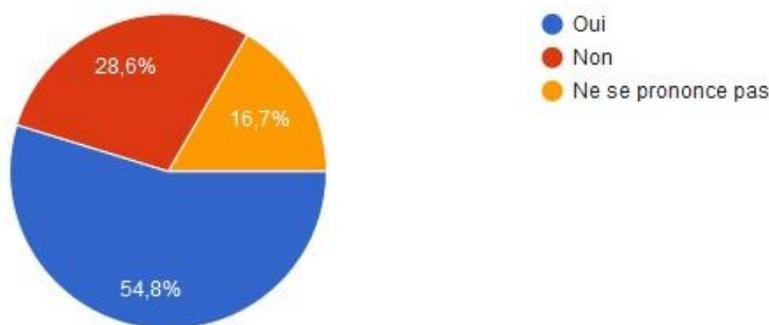


Figure 27 : Sondage sur l'existence d'un risque écologique à l'issue de la valorisation

Les 23 personnes ayant répondu « oui » ont toutes justifié leur réponse sur la possible existence et/ou la nature du risque écologique. Une réponse mentionne le fait que le risque est lié à la présence possible de contaminants au sein des boues de dragage et d'une possible évolution de leur mobilité (au sens large, c'est à dire qui englobe la phyto-, biodisponibilité) suite aux nouvelles conditions physico-chimiques qui règneront dans l'édifice après valorisation. Cette personne ajoute qu'il faut donc s'assurer que tous les scénarios d'exposition des cibles soient caractérisés en tenant compte de cette évolution. Par ailleurs, puisqu'il est question de valorisation, et donc de « valeur » redonnée au matériau, il faut se poser aussi la question de la valeur du site receveur. Quel est son fonctionnement écologique avant qu'il ne reçoive les boues ? A-t-il un intérêt ? Pour qui ? Pour quoi ?

Deux répondants indiquent que le risque « zéro » n'existe pas, et qu'un sédiment contaminé constitue un risque (par exemple pollution de l'eau par lessivage). Une autre réponse indique que le risque pourrait provenir de relargage de percolats pollués, d'envol de particules fines contaminées. Plusieurs réponses indiquent que le relargage, la dissémination ou la modification de la forme chimique de certains éléments peuvent faire suite à l'évolution/vieillessement du substrat

(une réponse ajoutant que les changements physico-chimiques sont liés à la rhizosphère). Une réponse mentionne que le risque peut provenir de la désorption des contaminants métalliques dans le temps et de la dégradation des contaminants organiques. Une réponse précise que l'évolution bio-physico-chimique des sédiments rendait possible le relargage de polluants au cours du temps (en fonction de la teneur en matière organique, du pH, de l'oxygène une évolution chimique est susceptible de se produire et de générer des flux de substances toxiques pour le milieu naturel).

Le risque chimique est fonction de la qualité des sédiments et de nombreuses caractéristiques intrinsèques au matériau, à la présence de polluants (POP, métaux, parasites...) que cette contamination chimique est fonction de la provenance des sédiments et de leur caractère non inerte ; qu'avec le temps les contaminants métalliques peuvent se désorber et que les contaminants organiques peuvent se dégrader et libérer des radicaux pouvant être toxiques ; que des risques chroniques peuvent exister suite à la diffusion des polluants présents dans les sédiments ; et que ces ouvrages sont constitués d'une importante masse de sédiments.

Une réponse mentionne le fait qu'une valorisation paysagère ne veut pas dire respect de l'environnement, le résultat peut être beau et bien intégré au paysage mais être néfaste pour la faune et la flore, voire les populations humaines (le choix des espèces végétales pouvant être inadaptées, non favorables à la biodiversité locale, implantation d'espèces exotiques envahissantes, destruction et modification d'habitats). Une autre réponse ajoute que des espèces nuisibles ou opportunistes peuvent se développer et avoir un effet sur les espèces préexistantes. Une dernière réponse relève le fait qu'actuellement l'impact de certaines molécules est bien connu mais que la science poursuit son évolution et il est possible qu'un jour une molécule soit déclarée dangereuse/nuisible pour l'écologie ou bien même pour la santé. La rémanence des produits contenus dans les sédiments qui pourrait être dangereuse est également évoquée. Un dernier commentaire mentionne qu'en l'absence de vérification on ne peut pas savoir ce qui se passe.

Pour les 28,6 % (12 personnes) pensant qu'un risque écologique n'est pas envisageable, 11 ont argumenté leur réponse de différentes manières.

Les analyses actuellement faites sur les sédiments sont toujours négatives.

Un suivi de 24 mois a montré l'absence de relargage, et le suivi se poursuit dans le temps.

Dans le cas d'une valorisation, les sédiments étaient encapsulés dans une géomembrane étanche et les sédiments ne présentaient aucun caractère de dangerosité.

Pour toute valorisation, une étude d'impact spécifique doit être effectuée ; si celle-ci montre un risque, la valorisation ne peut être la solution retenue, cependant une surveillance adaptée doit être mise en œuvre afin de s'assurer de l'absence de risque à plus long terme.

Si des tests ont été réalisés après un traitement et avant une réutilisation, le suivi environnemental se fait uniquement pour confirmer la bonne qualité de la valorisation.

D'autres commentaires mentionnent le fait que le sédiment n'est pas un danger mais une matière naturelle pouvant éventuellement contenir des polluants ; que le niveau de traitement réglementaire est exigeant ; que cette utilisation suppose l'emploi de sédiments non pollués.

Pour les questions plus spécifiques à l'ÉRÉ, 57,1 % des personnes interrogées (24) ont déclaré avoir déjà entendu parler de celles-ci, contre 42,9 % (18) (figure 28).

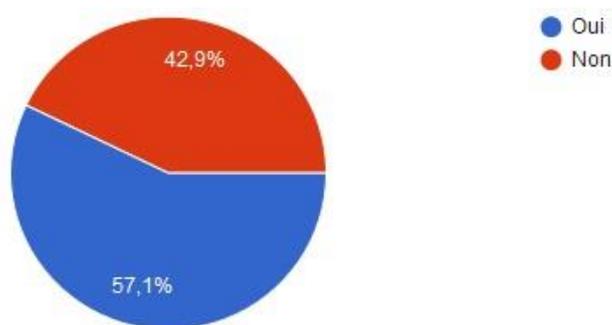


Figure 28 : Sondage sur la connaissance de l'ÉRÉ

Par la suite il a été demandé de hiérarchiser différentes finalités de l'ÉRÉ en fonction de leurs critères d'intérêt, la valeur « 1 » représentant le critère le plus important et la valeur « 7 » un critère moins déterminant. Ces résultats sont présentés dans le tableau XX.

Tableau XX : Hiérarchisation des finalités de l'ÉRÉ en fonction des critères d'intérêt

	1	2	3	4	5	6	7	Vide*
Identifier les dangers	21	5	6	1	2	2		7
Identifier les espèces à risque	11	7	7	7	3	1		8
Anticiper les risques pour l'écosystème récepteur	14	13	3	5	1	1		7
Garantir un écosystème pérenne et de qualité	15	6	6	6	4			7
Optimiser les aménagements paysagers	2	5	8	4	8	4	6	7
Etablir la traçabilité des contaminants au sein de l'écosystème	4	7	8	3	7	6	2	7
Valoriser des sédiments selon une technique routière	3	3	4	5	2	9	10	8

\* Correspond aux nombres de personnes n'ayant pas souhaité répondre à la question (passage direct à la question suivante) et se distinguent bien des personnes ne souhaitant pas se prononcer sur la question.

La finalité de l'ÉRÉ la plus fréquemment citée comme la plus importante est l'identification des dangers (21 réponses sur 37, soit 56,8 %), en prenant en considération le critère « 2 », on obtient 26 réponses sur 37 pour ce critère (soit 70,3 %). 15 personnes ont classé en « 1 » la garantie d'un écosystème pérenne et de qualité comme finalité de l'ÉRÉ la plus déterminante. Par rapport à l'anticipation des risques pour l'écosystème récepteur, 14 personnes l'ont classé en « 1 » et 13 autres en « 2 », ce qui montre l'importance également de cette finalité de l'ÉRÉ (73 % des répondants l'ayant classé en « 1 » ou « 2 »). Les propositions de finalités d'ÉRÉ étant moins déterminantes sont l'optimisation des aménagements paysagers, l'établissement de la traçabilité des contaminants au sein de l'écosystème ou encore la valorisation des sédiments selon une technique routière.

71,4 % des personnes (soit 30 sur les 42 ayant répondu à cette question) ont répondu qu'un guide pour la réalisation des éRé leur serait utile pour la valorisation des sédiments en technique paysagère, 23,8 % (soit 10 personnes) ne se sont pas prononcées, et seules deux personnes ont répondu par la négative (figure 29).

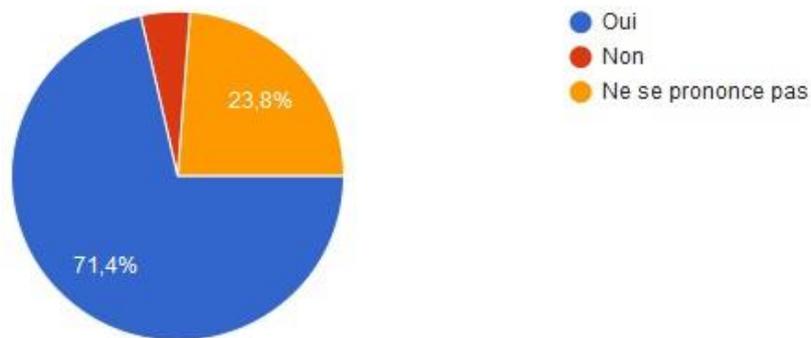


Figure 29 : Sondage sur l'utilité d'un guide pour la réalisation des éRé

La dernière partie du questionnaire comportait un espace « Avis – Commentaire, pouvant être sur ce questionnaire et/ou tout autre commentaire autour de la gestion à terre des sédiments de dragage », où 19 personnes ont déposé un commentaire.

Six remarques ont été laissées sur le questionnaire à proprement parler : une première sur la formulation des questions qui laisse la place à une certaine ambiguïté ; une deuxième sur le fait qu'elles sont trop succinctes ; une troisième sur le fait que le questionnaire est intéressant mais que les questions sont parfois difficiles dans leur compréhension ; une autre sur le fait que la possibilité de retour en arrière pour modification/rectification était très bien et une dernière sur le fait que vers la fin le questionnaire se focalise sur une seule piste de valorisation. Une autre remarque mentionne le fait que le questionnaire ne tient pas compte de la différence notable existant entre les sédiments marins et fluviaux.

Quatre autres remarques mentionnent l'existence d'un projet de guide réalisé par le CEREMA, que des groupes de travail sur la valorisation à terre des boues de dragage sont en cours sous l'égide du MEEM (pilote par le CEREMA et le BRGM), que les questions abordées dans cette enquête sont également abordées au Secrétariat Permanent pour la Prévention des risques et Pollutions Industrielles (SPPPI) lors de débats sur la réhabilitation de friches industrielles en présence du BRGM, de Burgeap, de « décideurs » économiques et politiques ainsi que de représentants d'associations environnementales, et que le projet SEDIMED piloté par Envisan France, dont l'expérimentation est en cours, a permis de réaliser des prototypes de valorisation des sédiments marins en modelé, bloc béton, route (en complément de cette remarque, le répondant précise que l'approche hollandaise ne fait pas de distinction entre sol et sédiment).

Deux remarques mentionnent le fait qu'il conviendrait :

- de dédramatiser le sujet en évitant de qualifier les sédiments de « boues de dragage » et de relativiser leur potentiel de dangerosité en évitant les a priori négatifs ;
- d'arrêter de considérer le sédiment comme un déchet et qu'il est un produit d'avenir.

Une remarque précise que l'éRé n'est pas qu'un outil de gestion et qu'elle peut aussi être mise en relation avec la gestion et ses modalités pour permettre des allers/retours entre choix techniques et risques évalués. Le dépôt à terre, et d'autant plus s'il est aménagé d'un point de vue paysager, peut devenir un milieu « neuf » et créer un écosystème avec des services et des valeurs écosystémiques. Cette remarque est renforcée par une autre : l'éRé est une démarche intéressante pour les ouvrages de grande dimension, qui pourrait être imposée sur une durée limitée dans le

cadre d'un programme national pour constituer un retour d'expérience sur les impacts de ce type d'ouvrage ; ce retour d'expérience pourrait déboucher sur une procédure plus simple et sécurisante pour la valorisation des sédiments en butte paysagère.

Une autre remarque mentionne le fait que la gestion à terre des sédiments est difficilement programmable, que les volumes et la qualité des sédiments ne peuvent être prévus à l'avance. De ce fait, il est compliqué pour les gestionnaires de cours d'eau de s'associer à des partenaires de BTP / génie civil / aménagement paysager pour tester une valorisation sans savoir si les négociations avec les municipalités / riverains aboutiront. En considérant de surcroît le coût élevé du transport des sédiments, la gestion se fait *in fine* préférentiellement sur site (régalage). Ce répondant suggère qu'une gestion quantitative départementale ou régionale des sédiments serait plus adaptée, et que cela permettrait aux partenaires « valoriseurs » de disposer de la quantité / qualité de sédiments nécessaires pour la technique adaptée.

Un des répondants espère que ce questionnaire sera suivi d'effets et que les études de suivi se développeront pour une meilleure gestion des dépôts à terre et une bonne traçabilité de ces derniers.

### **III. Discussion – Conclusion de la partie 3**

Une analyse ainsi qu'un commentaire des réponses à l'enquête décrite précédemment sont proposés ci-après.

#### **Panel des répondants**

Le panel de répondants se compose en majorité (50 %) par des membres de la communauté scientifique. Plusieurs explications peuvent être envisagées :

- 1) Tout d'abord, les scientifiques sont les plus nombreux dans la base de données et représentent 33 % des effectifs totaux ;
- 2) les nombreux projets de recherche insufflés par la récente évolution du contexte réglementaire au début des années 2000 dont les résultats, conclusions et avancées en termes de gestion et de valorisation des sédiments sont valorisés ou en cours en valorisation dans la littérature scientifique et qui expliquent que le sujet soit, à ce jour, davantage porté par les scientifiques que par les opérationnels, tout du moins dans la littérature.

#### **Les analyses et le critère HP 14**

Concernant les analyses à réaliser sur les sédiments, le cadre réglementaire ainsi que le cadre scientifique ressortent particulièrement des réponses.

La majorité des répondants (73,8 %) estime nécessaire la réalisation d'analyses supplémentaires. Celles-ci permettraient :

- de répondre à une demande réglementaire (critère HP 14) ;
- et/ou de répondre à une question/besoin spécifique de la filière de valorisation envisagée (*par exemple pour valoriser en éco-modèle paysager il ne faut pas qu'il y ait de contaminants qui pourraient nuire à l'écosystème environnant*) ;

- et/ou parce que le site de prélèvement comporte des particularités spécifiques en termes de contamination, géologie *etc.* qui justifient la recherche d'autre(s) paramètre(s) et donc la réalisation d'analyses supplémentaires (*par exemple un site de dragage à proximité d'une centrale nucléaire*).

Pour que cette caractérisation soit correctement réalisée, il est nécessaire qu'elle implique l'intervention d'experts scientifiques.

Certains répondants, minoritaires, se cantonnent aux analyses obligatoires actuellement. Ils estiment qu'étoffer la réglementation en ajoutant d'autres analyses complexifierait davantage la gestion qui n'est déjà pas toujours simple et que cela n'encouragerait pas les meilleures pratiques de gestion.

En dehors d'une obligation réglementaire (critère HP 14) la plupart des tests écotoxicologiques évoqués ont dû être réalisés dans un cadre d'expérimentations scientifiques (au regard du panel assez marqué scientifique). Cependant, il n'est pas à exclure que des essais complémentaires aient été réalisés par manque de signification des résultats des tests physico-chimiques comme le souligne une remarque d'un répondant.

Ces tests ont davantage été réalisés sur sédiments et/ou sur éluats/lixiats et peu de réponses (2) font référence à des tests réalisés *in situ*. Plus de la moitié des réponses fait référence à la réglementation pour la réalisation des tests écotoxicologiques. De plus, pour la plupart des réponses concernant des analyses, celles-ci ont été réalisées en amont du projet de dragage.

Concernant la prise en charge financière des coûts des analyses supplémentaires à envisager, il est difficile de déterminer à qui revient cette charge. Parmi les réponses proposées, cela pourrait se jouer entre le propriétaire initial et le gestionnaire. Comme l'a souligné un répondant qui n'a pas souhaité s'exprimer sur cette question, il s'agit d'un point juridique sur lequel il conviendrait de légiférer.

### **Traçabilité**

Concernant la traçabilité des sédiments, les réponses sont très opposées : soit les répondants en sont très satisfaits (7) soit à l'inverse ils l'estiment insuffisante (4). Il n'y a pas de réponses intermédiaires.

Pour expliquer cet écart, plusieurs hypothèses peuvent être avancées. Ainsi, la variabilité dans la traçabilité peut s'expliquer par :

- une différence de gestion selon que les sédiments soient marins ou fluviaux en lien avec des volumes de dragages différents ;
- des exigences selon les régions qui ne sont pas les mêmes. A titre d'illustration, nous reprenons ici le commentaire laissé par un des répondants : « *il existe une spécificité en Languedoc-Roussillon, où la DREAL (devenue MP-LR) assure la police de l'eau et non pas la Direction Départementale des Territoires et de la Mer concernant le canal du Rhône à Sète notamment ou les eaux saumâtres* » ;
- un manque de clarté dans la réglementation, ce qui peut entraîner des différences d'appréciation dans sa lecture. En effet, si le sédiment acquiert le statut de déchet

dangereux, la réglementation est claire et la traçabilité bien définie, à l'inverse, il y a un réel manque d'informations et de consignes concernant l'organisation de la traçabilité des sédiments étiquetés non dangereux. Leur gestion est alors envisagée au cas par cas, ce qui explique une grande variabilité.

Le manque de clarté dans la réglementation et la nécessité de solutions en matière de gestion des sédiments à terre sont deux points très souvent cités par les répondants tant dans les réponses que les commentaires en expression libre de l'enquête.

### **Les voies de valorisation**

Les résultats de l'enquête mettent en évidence la bonne connaissance de nombreuses voies de valorisation des sédiments. En effet, sur les 11 exemples de valorisation proposés, tous étaient connus au moins une fois, ce qui témoigne d'une bonne diffusion de l'information sur ces filières y compris un transfert vers le « grand public ».

Les voies de valorisation les plus connues par le panel de répondants sont les routes, le comblement de carrières et les buttes paysagères. Un « effet vitrine » des projets de recherche associé à ces thématiques n'est pas à exclure. Il se reflète par les publications dans la littérature scientifique mais également par des campagnes d'affichage pour les projets impliquant des opérationnels. Nous pouvons, à titre d'exemple, citer la butte paysagère du GPMD, qui bénéficie d'un affichage mettant en avant l'innovation du projet.

Les voies de valorisation moins connues sont les brises-vagues et les cordons dunaires. Cela peut s'expliquer par une localisation restreinte aux milieux côtiers/littoraux. De plus, la réglementation sur ces milieux est plus complexe, notamment pour les rechargements de plage.

En termes de secteur d'activité, il apparaît à travers l'enquête qu'aussi bien les gestionnaires que les prestataires s'intéressent à la valorisation des sédiments. De façon assez logique, la première explication est l'importance des volumes de sédiments dragués chaque année. Pour rappel, le dragage des principaux ports français représentent chaque année près de 50 millions de m<sup>3</sup> de sédiments (Alzieu, 1999 ; Mamindy-Pajany *et al.*, 2011), auxquels il faut ajouter les sédiments fluviaux. A ce jour, les besoins des gestionnaires et des prestataires ne semblent pas suffisamment connus. En effet, comme l'illustrent certains commentaires de l'enquête, il existe d'un côté, (i) des gestionnaires en recherche de solutions alternatives au stockage de sédiments (par manque de site de stockage et par manque de moyens financiers) et qui de ce fait sont en attente de filières de valorisation adaptées et de l'autre, (ii) des prestataires ayant des besoins en matériaux qui, pour certains, deviennent de plus en plus rares et chers et pour lesquels il faut trouver des substituts (exemple des sédiments remplaçant le sable dans la création de béton). Il est donc très probable que dans les années à venir des progrès soient réalisés afin de mieux répondre à l'offre de sédiments et à la demande de matériaux. Ces progrès s'exprimeront sans doute par une information plus efficace, une meilleure traçabilité et une réglementation enrichie par le retour d'expérience.

### **Les outils d'aide à la conception des éco-modèles**

Sur la base du retour d'expérience exprimée dans l'enquête, les éco-modèles réalisés ont plutôt utilisé des sédiments marins sans distinction de la fraction granulométrie et d'âge très variable.

Parmi les répondants, seuls quelques-uns mentionnent le recours à un guide/support méthodologique. La réponse la plus fréquente cite un guide géotechnique (guide SETRA [Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements], cité trois fois) ou environnemental (diagnostic de site, évaluation détaillée des risques et plan de gestion). Aucun répondant n'a fait référence à des guides d'évaluation des risques écologiques.

La question des risques écosystémiques susceptibles d'être engendrés par les dépôts de sédiments s'envisage, selon les résultats de notre enquête, au cas par cas et semble plutôt inscrits dans un contexte expérimental. La préoccupation écologique semble plutôt se traduire, dans la pratique, par l'intégration paysagère d'un ouvrage/d'un aménagement et/ou par une nécessité de stabilisation du substrat. Un « réflexe » de végétalisation ou de plantation, le plus souvent associé à un apport de terre végétale, est assez classiquement décrit.

Pour garantir la réussite et la pérennité d'un ouvrage ou aménagement paysager, la technique de végétalisation doit être adaptée à l'environnement et l'écologie du milieu dans lequel s'intègre le dépôt. A titre d'exemple, l'apport de terre végétale pour la butte paysagère d'un cordon dunaire ne se justifie pas nécessairement d'un point de vue écologique et peut, contrairement aux attentes, entraîner le développement d'une végétation peu adaptée et en conséquence des problèmes d'érosion ou de nuisances écologiques (dissémination d'espèces invasives par exemple).

### **Evaluation des risques**

Au regard des 57,1 % de réponses positives, l'évaluation des risques pour les écosystèmes (éRé) est plutôt bien connue du panel de répondants. Ils y voient un outil permettant « d'identifier les dangers », « garantir un écosystème pérenne et de qualité », « identifier les espèces à risques » et « anticiper les risques ». Un réel intérêt pour l'utilisation d'un guide éRé pour la valorisation des sédiments a été manifesté à travers les 71,4 % de réponse favorable des répondants. Seules deux personnes n'ont pas trouvé d'utilité à un guide éRé.

Une forte préoccupation concernant les transferts de contamination des sédiments sur l'écosystème est exprimée. Deux entités se distinguent assez nettement : la butte paysagère, perçue comme source potentielle de contaminants, et l'écosystème récepteur. Ce dernier est le plus souvent perçu comme l'écosystème exposé au transfert de contaminants. Les effets de la contamination sur l'écosystème du dépôt en lui-même ne sont pas exprimés.

Comme le souligne l'un des répondants, l'écosystème peut être exposé à des effets autres que celui de la contamination. L'introduction d'espèces invasives, sujet de préoccupation du répondant, peut tout à fait constituer un agent de stress considéré dans le cadre d'une évaluation des risques pour les écosystèmes. C'est un domaine d'application moins connu de l'éRé mais qui est envisageable.

### **Remarques sur le questionnaire**

Une remarque sur le questionnaire soulève qu'aucune distinction n'a été faite entre les sédiments fluviaux et les sédiments marins.

Conscients des différences qui existent entre les sédiments marins et fluviaux (salinité, siccité, granulométrie, contaminants, *etc*), nous avons néanmoins fait le choix de traiter le sujet dans sa globalité, sans nécessairement distinguer les questions selon le type de sédiments considérés. La stratégie visée était d'établir un questionnaire pouvant s'adresser à plusieurs profils d'acteurs, donc potentiellement des gestionnaires de sédimentaires fluviaux et/ou marins. Entre autres

arguments, nous pouvons également souligner que le sédiment, une fois extrait, acquiert le même statut de déchet quelle que soit sa provenance.

Une autre remarque fait mention de « questions qui amènent à des réponses ambiguës » ou de « questions parfois difficiles dans leur compréhension ».

Cette remarque met en lumière la complexité du sujet. L'ambiguïté et/ou la complexité perçues peuvent s'expliquer par des perceptions différentes selon le profil du professionnel interrogé (scientifique, gestionnaire, opérationnels, ...) et l'angle d'étude de la problématique. Or, le questionnaire a été adressé à des acteurs aux profils très variables et sans doute avec des points de vue et des retours d'expérience différents. Néanmoins, malgré l'ambiguïté et la complexité exprimées par certains répondants, la diversité des réponses a apporté un éclaircissement sur certaines questions, mis en lumière des problématiques non pressenties par l'analyse de la littérature et, dans tous les cas, enrichis nos réflexions par les retours d'expérience décrits et la mise en perspective de la réalité du terrain par rapport à une réglementation, une expérimentation ou à des hypothèses formulées sur la base d'analyse bibliographique.

## CONCLUSION

---

D'un point de vue quantitatif, les sédiments dragués proviennent principalement des zones portuaires maritimes. Depuis le début des années 2000, la réglementation relative aux activités de dragage a évolué et s'est renforcée afin de mieux prendre en compte les enjeux environnementaux. Il est désormais obligatoire d'évaluer la qualité des sédiments à extraire. Cela se traduit notamment par la réalisation d'analyses physico-chimiques visant à déterminer le niveau de contamination des sédiments. Ce contexte réglementaire est complexe car un projet de dragage peut, selon les cas, dépendre de la législation sur les déchets, l'eau, le milieu maritime ou des ICPE. Néanmoins, il présente l'avantage de produire des données qui permettent d'établir un diagnostic initial des sédiments et, selon la gestion envisagée, de caractériser le ou les milieux récepteurs des sédiments dragués.

Malgré un contexte réglementaire commun à l'échelle de l'Europe, il existe une disparité des pratiques de gestion. Parmi les principales différences constatées figurent :

- l'état de retranscription en droit national (*cette étape est plus ou moins complexe selon les pays et prend donc plus ou moins de temps*) ;
- le statut du sédiment dragué et la réglementation à laquelle il se réfère (*soit il se rapporte à la DCE ou soit il prend le statut de déchet et la réglementation est alors plus stricte*) ;
- les méthodes de calculs et les seuils de décision avec parfois de très grands écarts ;
- l'interprétation du danger des sédiments dragués.

Des différences existent également à l'échelle du territoire national, c'est notamment ce qu'a permis de souligner l'enquête menée. En effet, parmi les principales conclusions formulées, des disparités dans les connaissances ont été mises en évidence (i) entre les différentes voies de valorisation ainsi que (ii) entre la littérature et la réalité du terrain.

Autre point souligné par l'enquête, déjà révélé par notre analyse de la littérature et de la réglementation, la traçabilité considérée comme un élément central dans l'amélioration de toutes les filières de valorisation. Pourtant, la perception de celle-ci est très variable. En effet, selon les pratiques/usages (sédiments marins et fluviaux) des différences sont observées : la traçabilité des sédiments fluviaux semble plus claire mais il faut préciser qu'ils représentent un volume moins important que les sédiments marins.

La récente parution d'un arrêté spécifique au stockage des sédiments témoigne de la prise de conscience des autorités concernant l'évolution indispensable de la réglementation. Cet accompagnement est d'autant plus important qu'à travers l'enquête, il ressort un fort potentiel en termes d'offres et de demandes concernant l'utilisation de sédiments de dragage dans diverses filières de valorisation.

De réels besoins ont été exprimés dans les réponses du questionnaire concernant la mise à disposition d'outils méthodologiques et la reconnaissance officielle d'outils d'aide à la décision.

Nombre de répondants ont également souligné la nécessité de compléter les démarches actuelles qui, malgré leur utilité, ne s'avèrent pas toujours suffisantes. Eux-mêmes font le constat qu'il y a

des manques actuellement dans la caractérisation obligatoire des sédiments et qu'il est nécessaire de faire des analyses supplémentaires en termes de risques environnementaux.

## EN RESUME

---

Le présent document, objet du premier chapitre de l'étude « Impacts écologiques de sédiments pollués extraits et déposés en milieux terrestres. Etat des lieux et éRé » a eu pour objectif de définir le plus exhaustivement possible le contexte réglementaire encadrant la gestion des sédiments dragués. Des synoptiques ont été réalisés dans le but de simplifier la lecture d'un cadre réglementaire très complexe, à l'intersection de plusieurs réglementations (loi sur l'eau, sur les déchets, etc). Les discussions ont permis de souligner, entre autres, l'importance du statut du sédiment et des conséquences que celui-ci peut avoir sur les possibilités de gestion des sédiments extraits ainsi que la nécessité d'une traçabilité des sédiments de leur extraction à leur valorisation ou élimination. Ce point est d'ailleurs exprimé dans les résultats de l'enquête menée auprès d'acteurs de la filière, mettant ainsi en exergue une nécessaire harmonisation des pratiques de suivi des sédiments. De l'enquête ressort également une réelle volonté d'améliorer l'évaluation des risques encourus par les milieux récepteurs de sédiments extraits, tout en reconnaissant un manque d'outils méthodologiques, notamment en ce qui concerne l'éRé.

## BIBLIOGRAPHIE

### A

- Abriak, N.-E. (2014). Projet SEDIMATERIAUX « TP-MARITIME ». ENVIRONNORD, 50 p.
- Abriak, N.-E. (2015). Du dragage à la valorisation des sédiments : SEDIMATERIAUX. Matériaux Du Génie-Civil é Environnement, Cergy-Pontoise, 17 Septembre 2015, 76.p
- Abriak, N.-E., Khezami, I., Mamindy-Pajany, Y., Brakni, S., & Zentar, R. (2014). Valorisation des sédiments de dragage en aménagement paysager (Guide méthodologique). *SEDILAB*, 69p.
- Achard, R. (2013). Dynamique des contaminants inorganiques dans les sédiments de dragage : rôle spécifique de la matière organique naturelle. Thèse soutenue le 24/05/2013 pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université du Sud Toulon Var, 184 pages
- Agence Artois Picardie, (2002). Enlèvement des sédiments: Guide méthodologique. Evaluation détaillée des risques liés à la gestion des sédiments et aux opérations de curage. EDR Sédiments 148.
- Agence de l'Eau Seine Normandie (2005). Métaalloïdes et organométalliques : organoétains. p89-95
- Agence de l'eau Artois-Picardie et Aquascop. (2014). Etude de l'indice invertébrés multimétrique (I2M2) en Artois-Picardie. *Rapport général*, 70p.
- Agency for Toxic Substances & Disease Registry, Department of Health and Human Services (2006). Toxicological profiles for hazardous substances [en ligne]. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html> ATSDR, 2005. Toxicological profile for tin and tin compounds, 426 p.
- Agostini, F. (2006). Inertage et valorisation des sédiments de dragage marins. Thèse soutenue le 19 Juin 2006 pour l'obtention du grade de Docteur, délivrée par l'Ecole Centrale de Lille, 215 pages
- Agra, A., & Soares, A.V.M., (2009) Effects of Two Insecticides on Survival, Growth and Emergence of *Chironomus riparius* Meigen. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 82 (4), 501–504
- Air Rhône Alpes (2013). Transfert de dioxines / furanes et PCB entre le sol et l'atmosphère. *Association agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement*. 45 pages. Rapport d'étude disponible sur le site : [www.air-rhonealpes.fr](http://www.air-rhonealpes.fr)
- Aït-Aïssa, S., Pandard, P., Magaud, H., Arrigo, A. P., Thybaud, E., Porcher, J. M. (2003). Evaluation of an in vitro hsp70 induction test for toxicity assessment of complex mixtures: comparison with chemical analyses and ecotoxicity tests. *Ecotoxicology and environmental safety*, 54(1), 92-104.
- Alarcon-Gutierrez, E., Floch, C., Ruaudel, F., Criquet, S. (2008). Non-enzymatic hydrolysis of fluorescein diacetate (FDA) in a Mediterranean oak (*Quercus ilex* L.) litter. *European Journal of Soil Science*, 59(2), 139–146.
- Alvarez-Guerra M., Viguri J.R., Casado-Martinez M.C. et Delvals T.A, (2007). Sediment Quality Assessment and dredged material management in Spain : part I, application of sediment quality guidelines in the bay of Santander. *Integrated Environmental Assessment and Management* 3;4:529-538
- Alzieu, C. (1999). Dragages et environnement marin : Etat des connaissances. *IFREMER*, 225.p

- Alzieu, C. (2003). Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. *Editions Quae*. 247pp
- Anderson, B. S., Lowe, S., Phillips, B. M., Hunt, J. W., Vorhees, J., Clark, S., Tjeerdema, R. S. (2008). Relative sensitivities of toxicity test protocols with the amphipods *Eohaustorius estuarius* and *Ampelisca abdita*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69, 24–31. <http://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.05.005>
- Anderson, J.P.E. et Ingram, J.S.I., (1993). Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. *CA B International*. Oxon, UK, pp 44-46.
- Anderson, T.-H. (2003). Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 98(1-3), 285–293.
- Anger, B. (2014). Caractérisation de sédiments fins de retenues hydroélectriques en vue d'une orientation vers des filières de valorisation matière. *Thèse de Doctorat, Université de Caen Basse-Normandie*, 316 p
- ANTEA (1999). Projet de végétalisation d'une partie du parc à cendres EDF de Blénod-lès-Pont à Mousson (54) à l'aide de boues de dragage de la Moselle - Etude de faisabilité. réf A18127/A, 22 p. In : Anger, B., 2014. Caractérisation des sédiments fins de retenues hydroélectriques en vue d'une orientation vers des filières de valorisation matière. *Thèse de Doctorat, Génie-Civil, Université de Caen Basse-Normandie* 316 p
- Anteagroup (2012a). Plan de gestion des travaux d'entretien régulier du Canal de la Marne au Rhin Ouest - Note complémentaire au dossier de demande d'autorisation » 55-2012-00105
- Anteagroup (2012b). Plan de Gestion des Travaux d'Entretien Régulier – Canal de la Marne au Rhin Ouest de Vitry-le-François (51) à Toul (54) ; pièce n°5 : Guide des interventions d'entretien. A65797/A Mai 2012. VNF Direction Interrégionale du Nord-Est
- Antizar-Ladislao, B. (2008). Environmental levels, toxicity and human exposure to tributyltin (TBT) - contaminated marine environment. A review. *Environment international* February 2008;34(2):292-308. doi:10.1016/j.envint.2007.09.005
- Apitz, S.E., Power, E. a., (2002). From risk assessment to sediment management : An international perspective. *Journal of Soils and Sediments* 2, 61–66. doi:10.1007/BF02987872
- Apitz S.E., Barbanti A., Giulio Bernstein A., Bocci M., Delaney E. et Montobbio L., (2007). The assessment of sediment screening risk in Venice lagoon and Other Coastal Areas Using International Sediment Quality Guidelines. *Journal of Soils Sediments* 7;5:326-341
- Aqua, J-L, Sannier, L., Méhu, J., Tivolle, I., & Tessier, E. (2013). Guide des thématiques : Données SEDIMARD 83 : Traitements. *Cap Sédiment*, 1–89.
- Aqua, J-L. (2014). Cap sédiments – Rappel des réalisations et perspectives travaux 2014-2020. *4è assises du Port du Futur, Paris 9-10 Septembre 2014*
- Association Cœur Émeraude. Le centre de transit des sédiments de la Rance. (Consulté le 21/04/2016). Disponible sur le lien suivant : <http://pnr-rance-emeraude.fr/fr/article/centre-transit-sediments-rance>.
- ASTM D 3978 (2004). Practice for Algal Growth Potential Testing with *Pseudokirchneriella subcapitata*
- ASTM E 1440-91, (2004). Standard guide for acute toxicity with the rotifer *Brachionus*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia PA, USA, reapproved.

ASTM, (1993). Standard guide for conducting 10-day static sediment toxicity tests with marine and estuarine Amphipods (includes Annexes on procedures for the following organisms : *Ampelisca abdita*, *Eobaustorius estuarius*, *Grandidierella japonica*, *Leptocheirus plumulosus* and *Rhepoxinius abronius*). In: ASTM 1993 Annual book of Standards, vol 11.04, E1367-92. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Austoni, M., Giordani, G., Viaroli, P., Zaldívar, J. M. (2007). Application of specific exergy to macrophytes as an integrated index of environmental quality for coastal lagoons. *Ecological Indicators*, 7(2), 229-238.

## B

Babut, M., Martel, L., Ciffroy, P. et Férard J.F. (2011). Stratégies graduées d'évaluation des risques environnementaux induits par les sédiments fluviaux : revue bibliographique sur la caractérisation des risques et des incertitudes associées. *Déchets Sciences & Techniques : Revue Francophone d'Ecologie Industrielle*, 2011 ;60:7-17

Babut, M., Perrodin, Y., Bedell, J.P, Clement, B., Cosnier, S., Corriger, B., Delmas, H., Delolme, C., Devaux, A., Miege, C., Péry, A., Roulier, J.L., Vollat, B. (2004). Méthodologie d'évaluation écotoxicologique de matériaux de dragage : tests de la démarche et essais d'optimisation – *Rapport final* – 100 pp.

Babut, M., Perrodin, Y., Bray, M., Clément, B., Delolme, C., Devaux, A., ... Charrier, C. (2002). Évaluation Des Risques Écologiques Causés Par Des Matériaux De Dragage: Proposition D'Une Approche Adaptée Aux Dépôts En Gravière En Eau. *Revue Des Sciences de L'eau*, 15(3), 615–639. <http://doi.org/10.7202/705472ar>

Bachelier, G. (1978) La faune des sols, son ecologie et son action, *Orstom édition*, Paris, pp. 391.

Bäckström, M., Karlsson, S., Bäckman, L., Folkesson, L., Lind, B. (2004). Mobilisation of heavy metals by de-icing salts in a roadside environment. *Water Research*. 2004 Feb;38(3):720-32.

Baize, D., Girard, M., & Coordinateurs. (2008). Référentiel pédologique. (Edition Quae). *Savoir-Faire ; Association Française pour l'Etude du sol*. 405 p.

Balabaskaran, S., Tilakavati, K., Kumar Das, V.G. (1987). Studies on the phytotoxic effects of some organotin(IV) compounds on the germination of the mung bean seed, *Phaseolus aureus*. *Applied Organometallic Chemistry* 1, 347-353

Baltazar, M. T., Dinis-Oliveira, R. J., Martins, A., de Lourdes Bastos, M., Duarte, J. A., Guilhermino, L., Carvalho, F. (2014) Lysine acetylsalicylate increases the safety of a paraquat formulation to freshwater primary producers: A case study with the microalga *Chlorella vulgaris*. *Aquatic Toxicology*, 146, 137-143.

Bataillard P., Piou S., Laboudigue A., *et al.* (2004). Evolution géochimique des sédiments contaminés mis en dépôt : quel impact sur l'analyse des risques avant et après curage ? *JST* 301-310

Bedell J-P., Babut M., Delolme C., Bray M. *et al.* (2003). « Proposition d'une méthodologie d'évaluation des risques écotoxicologiques liés à la mise en dépôt sur sol ou en gravière de sédiments de dragage » *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées* - 244-245 - Mai-Juin-Juillet-Août 2003 ; 4465 : 131-142

Bedell, J.-P., Bazin, C., Sarrazin, B., Perrodin, Y. (2013) Assessment of the phytotoxicity of seaport sediments in the framework of a quarry-deposit scenario: germination tests of sediments aged artificially by column leaching. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 65(1), 1–13. <http://doi.org/10.1007/s00244-013-9881-9>

Bedell, J. P., & Delolme, M. S. C. (2013). Rôle de la végétation sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des sédiments déposés dans un bassin d'infiltration des eaux pluviales. *Etude et Gestion Des Sols*, 20, 27–38.

- Bedell, J.-P., Briant, A., Delolme, C., Perrodin, Y. (2003) Evaluation of the phytotoxicity of contaminated sediments deposited “on soil”. I. Impact of water draining from the deposit on the germination of neighbouring plants. *Chemosphere*, 50(3), 393–402. [http://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00600-8](http://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00600-8)
- Bedell, J.-P., Ferro, Y., Bazin, C., et Perrodin, Y. (2014) Selection of a halophytic plant for assessing the phytotoxicity of dredged seaport sediment stored on land. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(1), 183–94. <http://doi.org/10.1007/s10661-013-3365-2>
- Beketov, M. a., Cedergreen, N., Wick, L. Y., Kattwinkel, M., Duquesne, S., Liess, M. (2013) Sediment Toxicity Testing for Prospective Risk Assessment — A New Framework and How to Establish It. *Human and Ecological Risk Assessment*, 19(November 2011), 98–117.
- Bennett, C., Owen, R., Birk, S., Buffagni, A., Erba, S., Mengin, N., ... et Wagner, F. (2011) Bringing European river quality into line: an exercise to intercalibrate macro-invertebrate classification methods. *Hydrobiologia*, 667(1), 31-48.
- Benoit-Bonnemason, C., Seby, F., Turlot, J.-C. *et al.* (2012). Analyse statistiques des données obtenues sur les sédiments traités sur le site pilote de SEDI.MAR.D 83. *Revue Paralia* Juillet 2012;5:3.1-3.16
- Bernes Cabanne C. (2009). Valorisation agricole des sédiments de dragage des voies navigables. *Rapport de Stage, ENTPE*, 148 p. In : Anger, B. (2014). Caractérisation des sédiments fins de retenues hydroélectriques en vue d'une orientation vers des filières de valorisation matière. *Thèse de doctorat, Génie-civil, Université de Caen Basse-Normandie*, 316 p.
- Bertrand, E., Girard, D et Savy, A. (2005). Approche d'évaluation de toxicité des organoétains en mélange. Rennes
- Bignal, K. L., Ashmore, M. R., Headley, A. D., Stewart, K., & Weigert, K. (2007). Ecological impacts of air pollution from road transport on local vegetation. *Applied Geochemistry*, 22(6), 1265–1271. <http://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2007.03.017>
- Birk, S., et Willby, N. (2010). Towards harmonization of ecological quality classification: establishing common grounds in European macrophyte assessment for rivers. *Hydrobiologia*, 652(1), 149-163.
- Bispo, A., Cluzeau, D., Creamer, R., Dombos, M., Graefe, U., Krogh, P.H., Sousa, J.P., Peres, G., Rutgers, M., Winding, A., Rombke, J., (2009) Indicators for monitoring soil biodiversity. *Integrated environmental assessment and management*, 5(4), 717-719.
- Bispo, A., Grand, C., Galsomies, L. (2008) Le programme ADEME “Bioindicateurs de qualité des sols” : Vers le développement et la validation d'indicateurs biologiques pour la protection des sols. *Etude et Gestion Des Sols*, 16, 145–158.
- Bisson, M., Bureau, J., Denys, S., Lacroix, G. et al. (2005). Polychlorobiphényles. *INERIS Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques*. INERIS-DRC-02-25590-00DF045 version n°2-1
- Bloem, J., Schouten, A.J., Sorensen, S.J., Rutgers, M., Van der Werf, A, Breure, A.M. (2009) Monitoring and Evaluating Soil Quality. *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, 23-49.
- Bolam, S.G., et Whomersley, P. (2005) Development of macrofaunal communities on dredged material used for mudflat enhancement : a comparison of three beneficial use schemes after one year. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 40–47.

- Bolam, S.G., et Rees, H. L. (2003) Minimizing Impacts of Maintenance Dredged Material Disposal in the Coastal Environment: A Habitat Approach. *Environmental Management*, 32(2), 171–188. <http://doi.org/10.1007/s00267-003-2998-2>
- Bolam, S.G., Rees, H.L., Murray, L., Waldock, R., (2003). Intertidal placement of dredged material: a biological perspective. In: Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering. World Scientific, Inc., 3606–3615.
- Bolam, S. G., & Whomersley, P. (2005). Development of macrofaunal communities on dredged material used for mudflat enhancement: a comparison of three beneficial use schemes after one year. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 40–47. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.08.006>
- Bolam, S.G., Whomersley, P., et Schratzberger, M. (2004) Macrofaunal recolonization on intertidal mudflats: Effect of sediment organic and sand content. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 306(2), 157–180. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.01.007>
- Bonte, D., Baert, L., Lens, L., Maelfait, J. P. (2004) Effects of aerial dispersal, habitat specialisation, and landscape structure on spider distribution across fragmented grey dunes. *Ecography*, 27(3), 343-349.
- Borja, A., et Muxika, I. (2005). Guidelines for the use of AMBI (AZTP's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, 50(7), 787–789. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.040>
- Borja, A., Franco, J., et Pérez, V. (2000) A marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), 1100–1114. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00061-8](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00061-8)
- Borja, A., Muxika, I., et Franco, J. (2003). The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 46(7), 835–845. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00090-0](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00090-0)
- Borloo, J., Berard, J., Cau, E., Caron, J., & Duriez, J. (2010). Charte de préfiguration du projet Sédimentaires. 9 p.
- Botta, F. & Dulio, V. (2014). Etude sur les contaminants émergents dans les eaux françaises – Résultat de l'étude prospective 2012 sur les contaminants émergents dans les eaux de surface continentales de la Métropole et des DOM. ONEMA/INERIS Rapport final n°DRC-13-136939-12927A, Juin 2014
- Boukharaeva, L., & Marloie, M. (2013). Vassili V . Dokoutchaiev et l'écologie urbaine 1. *Etude et Gestion Des Sols*, 20(2), 117–126.
- Bourret, J. (1997). La valorisation agronomique des sédiments marins de la Rance. *Courrier de L'environnement de l'INRA*, 66–69.
- Boyd, S. E., Limpenny, D. S., Rees, H. L., Cooper Boyd, K. M., et Cooper, K. M. (2005) The effects of marine sand and gravel extraction on the macrobenthos at a commercial dredging site (results 6 years post-dredging). *Journal of Marine Science*, 62, 145–162. doi:10.1016/j.icesjms.2004.11.014
- Boyd, S. E., Rees, H. L., et Richardson, C. A. (2000) Nematodes as Sensitive Indicators of Change at Dredged Material Disposal Sites. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(6), 805–819. <http://doi.org/10.1006/ecss.2000.0722>

- Bradshaw, A. (2000). The use of natural processes in reclamation - Advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning*, 51(2-4), 89–100. [http://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00099-2](http://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00099-2)
- Braikni, S., Abriak, N. E., & Grégoire, P. (2007). Valorisation de boues de dragage maritime en granulats artificiels en vue de stabiliser l'érosion littorale. *25ème Rencontres de l'AUGC, 23-25 Mai 2007 à Bordeaux*, 8 p.
- Braud, A., Nica, C., Grac, C., et Le Ber, F. (2011). A lattice-based query system for assessing the quality of hydro-ecosystems. In *CLA 2011*, Oct 2011, Nancy, France. INRIA NGE et LORIA, pp.265-277, 2011. [hal-00640048](http://hal-00640048)
- Breure, A.M., Mulder, Ch., Rutgers, M., Schouten, T., De Zwart, D., Bloem, J., (2004) A biological indicator for soil quality. In: *Proceedings from an OECD Expert Meeting Rome, Italy March 2003: Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis*, pp. 485–494.
- Brignon J.M. (2005). Tributylétain, 18 p. INERIS. Base de données environnementales [en ligne]. <http://chimie.ineris.fr/fr/lien/basededonnees/environnementale/presentation.php> Dibutyltin dichloride, 2005. Tributyltin compounds, 2004
- Brunson EL, Canfield TJ, Dwyer FJ, Ingersoll CG, Kemble NE (1998). *Assessing the Bioaccumulation of Contaminants from Sediments of the Upper Mississippi River Using Field-Collected Oligochaetes and Laboratory-Exposed Lumbriculus variegatus*; Archives of environmental contamination and toxicology 35:2 1998 Aug pg 191-201; PubMed:9680511
- BRGM (2015). Les polluants émergents : de nouveaux défis pour la gestion des eaux souterraines. Mai 2015. Disponible sur le lien suivant <http://www.brgm.fr/evenement/polluants-emergents-nouveaux-defis-gestion-eaux-souterraines>
- Burel, F., Garnier, E., Amiaud, B., Aulagnier, S. *et al.* (). « Chapitre 1. Les effets de l'agriculture sur la biodiversité ». Agriculture et biodiversité, ESCo
- Burel, F., Garnier, E., Amiaud, B., Butet, A., & Steinberg, C. (2008). Chapitre 1. Les effets de l'agriculture sur la biodiversité. *ESCO "Agriculture et biodiversité,"* 1–139.
- Burkhard, L. P., Hubin-Barrows, D., Billa, N., Highland, T. L., Hockett, J. R., Mount, D. R., ... et Grabanski, C. B. (2015) Sediment Bioaccumulation Test with Lumbriculus variegatus: Effects of Feeding. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 68(4), 696-706.
- Burton GA. Jr & Scott KJ., (1992). Sediment Toxicity evaluations. *Environ Sci Technol*, 26 ;11 :2068-2075. DOI :10.1021/es00035a002
- Burton, GA. (2000). Sediment Toxicity Assessment. Lewis Publishers, Chelsea,MI, USA in Beketov, M. a., Cedergreen, N., Wick, L. Y., Kattwinkel, M., Duquesne, S., et Liess, M. (2013). Sediment Toxicity Testing for Prospective Risk Assessment — A New Framework and How to Establish It. *Human and Ecological Risk Assessment*, 19(November 2011), 98–117. <http://doi.org/10.1080/10807039.2012.683741>
- Burton, G.A., Denton, D.I., Ho, K., Ireland, D.S (2002) Chapter 5 : Sediment toxicity Testing : Issues and Methods, 111-150 in Hoffman, D. J., Rattner, B. A., Burton Jr, G. A., & Cairns Jr, J. (Eds.). (2002). *Handbook of ecotoxicology*. CRC Press. 1315 pp

## C

- Calow, P., Forbes, V., E. (2003). Peer Reviewed: Does Ecotoxicology Inform Ecological Risk Assessment? *Environmental Science and Technology*. 6 p

- Camuzard, J. (2011). L'exploitation des tangles ou le souvenir des savoirs oubliés. *Bulletin de La Société Géologique et Minéralogique de Bretagne*, 1–32.
- Cantegrit, L. (2011). Valorisation agronomique des sédiments de dragage de canaux. *AIPCN Prix Jeune Professionnel Francophone*, 20 p.
- Cantegrit, L., & Nouvion -Dupray, S. (2011). Valorisation agronomique des sédiments de dragage de canaux : première expérimentation agricole en Saône - et - Loire ( 71 ). *Présentation Orale, Congrès Européen Ecotechnologies, 7-9 Juin 2011, Lille, (71)*, 1–15.
- Capilla, X., Schwartz, C., Bedell, J.-P., Sterckeman, T., Perrodin, Y., Morel, J.-L., (2006). Physicochemical and biological characterisation of different dredged sediment deposit sites in France. *Environmental Pollution* 143, 106–116. doi:10.1016/j.envpol.2005.11.007
- Cap sédiment : <http://cap-sediments.fr/comite-lecture.html>
- Cappuyns, V., & Swennen, R. (2006). Comparison of metal release from recent and aged Fe-rich sediments. *Geoderma* December 2006;137(1-2):242-251
- CD2e. (2013). Synthèse des Journées nationales sur la gestion des sédiments de dragage. *5 et 6 Juin 2013, Lille Grand Palais*, 33.p
- CEAMaS : <http://www.ceamas.eu/>
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2015). Détermination de la toxicité : inhibition de la croissance chez l'algue *Pseudokirchneriella subcapitata*. MA. 500 – P.sub. 1.0, Rév. 3, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 21 p
- Cerema. (2011). Enquête dragage 2011 Synthèse des données. *CETMEF, Collection Données*, 45 p.
- Cesar, A., Lia, L.R.B., Pereira, C.D.S. *et al.* (2014). Environment assessment of dredged sediment in the major Latin American seaport (Santos, São Paulo – Brazil): An integrated approach. *Science of the Total Environment* November 2014;497-498:679-687
- CETMEF. (2008b). Dragage en milieu marin, immersion et code de l'environnement : le guide des procédures préalables. Les Outils, Notice N° C 08.06, 142 p.
- CETMEF (2008a). Guide pour la gestion durable des déblais de dragages portuaires contaminés en France. Rapport final, Mars 2008 <http://fr.slideshare.net/fullscreen/rachidabdi925/guide-cetmef-lite2008/7> (rapport 1)
- Chapman P.M., (1990) The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation. *The Science of the total environment* 97/98: 815-825.
- Chapman, P.M., Mann, G.S., (1999). Sediment Quality Values ( SQVs ) and Ecological Risk Assessment (ERA). *Marine Pollution Bulletin* 38, 339–344. doi:10.1016/S0025-326X(99)00033-8
- Chapman, P. M., Ho, K. T., Munns, W. R., Solomon, K., et Weinstein, M. P. (2002) Issues in sediment toxicity and ecological risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 44(4), 271–8. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00329-0](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00329-0)

- Chapman, P. M., Wang, F., Janssen, C., Persoone, G., & Allen, H. (1998). Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. *National Research Council Canada*, 55(10), 2221–2243.
- Charrasse, B. (2013). Comportement à long terme, caractérisation opérationnelle et évaluation environnementale des contaminants organiques des sédiments de dragage. Thèse soutenue le 16 Décembre 2013 pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences de l'Université d'Aix Marseille, 493 pages
- Charriau, A. (2009). Etude de la contamination organique et métallique associée aux sédiments du District Hydrographique International de l'Escaut. *Thèse de Doctorat, Université de Lille I*, 249 p
- Chelinho, S., Domene, X., Campana, P., Andrés, P., Römbke, J., et Sousa, J. P. (2014) Toxicity of phenmedipham and carbendazim to *Enchytraeus crypticus* and *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in Mediterranean soils. *Journal of soils and sediments*, 14(3), 584-599.
- Chenon, P. & Donguy, G. (2014). Elaboration d'une méthodologie d'évaluation des risques écotoxicologiques simplifiée à l'usage des fertilisants en agriculture. *Echo-MO n°108* – Juillet Août 2014, p.1-4
- Clément, B., Vaille, G., Moretto, R., Vernus, E., et Abdelghafour, M. (2010) Effects of a physico-chemical treatment of a dredged sediment on its ecotoxicity after discharge in laboratory gravel pit microcosms. *Journal of Hazardous Materials*, 175(1-3), 205–215. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.150>
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 396–406. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>
- Coineau, Y. (1974) Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes, *Doin édition*, pp. 118.
- Coll, P., Le Cadre, E., Mérot, A., & Villenave, C. (2013) The characterization of the soil biological quality of organic viticulture can be achieved by analyzing soil nematofauna. *Innovations Agronomiques*, 32, 391-400.
- Collette-Bregand, M., James, A., Munshy, C. et Bocquenê, G. (2009). Contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques et cosmétiques. *IFREMER* Janvier 2009
- Cooper, K. M., Barrio Froján, C. R. S., Defew, E., Curtis, M., Fleddum, A., Brooks, L., et Paterson, D. M. (2008) Assessment of ecosystem function following marine aggregate dredging. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366, 82–91. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.011>
- Correia, F. V., et Moreira, J. C. (2010) Effects of glyphosate and 2, 4-D on earthworms (*Eisenia foetida*) in laboratory tests. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 85(3), 264-268.
- Coste, M., Boutry, S., Tison-Rosebery, J., et Delmas, F. (2009) Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, 9(4), 621-650
- Creamer, R.E., Schulte, R.P.O., Stone, D., Gal, A., Krogh, P.H., Lo Papa, G., ... Winding, A. (2014) Measuring basal soil respiration across Europe: Do incubation temperature and incubation period matter? *Ecological Indicators*, 36, 409–418.
- Crenn, I., Gourmelon, M., Le Cann, P., Ménard, D., Le Guyager, F., Derrien, A., Pommepy, M. (1999) Chapitre III : Microbiologie sannitaire des sédiments 39-58 in Alzieu, C. (1999). Dragages et environnement marin : Etat des connaissances. *IFREMER*, 225 pp.

## D

- Dalfsen, J. A. Van, et Essink, K. (2001) Benthic community response to sand dredging and Shoreface Nourishment in Dutch Coastal Waters. *Senckenbergiana Maritima*, 31(2), 329–332.
- Dauvin, J.-C., Ruellet, T., Desroy, N., et Janson, A. (2006) Rapport Scientifique Seine-Aval 3 : Tableau de bord et indicateurs opérationnels. Indicateurs benthiques de l'état des peuplements benthiques de l'estuaire marin et moyen et de la partie orientale de la baie de Seine. *Seine-Aval Groupement D'intérêt Public*, 43. <http://doi.org/10.1029/2006JD007277.BLOND>
- DDTM Finistère & DREAL Bretagne (2013). L'Etat recense toutes les réglementations applicables – Planifier le dragage des Ports de Bretagne. Mai 2013
- de Boer, P. (2010a) “Legislation and dredged material in the Netherlands – dredging for water management”. Rijskswaterstaat, *Ministerie van Verkeer en Waterstaat, workshop 29/10/2010, Brussel*. 14 p
- de Boer, P. (2010b) “Transitions in water management in the Netherlands – trends in dredging” Rijskswaterstaat, *Ministerie van Verkeer en Waterstaat*. 31 p
- de Castro-Català, N., Kuzmanovic, M., Roig, N., Sierra, J., Ginebreda, A., Barceló, D., ... Muñoz, I. (2015) Ecotoxicity of sediments in rivers: Invertebrate community, toxicity bioassays and the toxic unit approach as complementary assessment tools. *Science of The Total Environment*, 540, 297–306. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.071>
- De Lange, H. J., Noordoven, W., Murk, A. J., Lüring, M., & Peeters, E. T. H. M. (2006) Behavioural responses of *Gammarus pulex* (Crustacea, Amphipoda) to low concentrations of pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, 78(3), 209–216. <http://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.03.002>
- Delcour, P. (2013) Analyse prospective des filières de valorisation envisageables en région Nord-Pas-de-Calais, *Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Nord-Picardie, InterSol*, 1-19.
- Delpech, C., Courrat, A., Pasquaud, S., Lobry, J., Le Pape, O., Nicolas, D., ... et Lepage, M. (2010) Development of a fish-based index to assess the ecological quality of transitional waters: the case of French estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 60(6), 908-918.
- DelValls, T. a., Andres, A., Belzunce, M.J., Buceta, J.L., Casado-Martinez, M.C., Castro, R., Riba, I., Viguri, J.R., Blasco, J., (2004). Chemical and ecotoxicological guidelines for managing disposal of dredged material. *Trends in Analytical Chemistry* 23, 819–828. doi:10.1016/j.trac.2004.07.014
- Den Besten, P.J., De Deckere, E., Babut, M.P., Power, B., ... et Heise, S. (2003) Biological Effects-based sediment Quality in Ecological Risk assessment for European Waters. In *Journal of Soils & Sediments September 2003 (3)*, 144-162
- Depelseñaire G. (2007). Procédé de stabilisation de résidus minéraux contaminés par des métaux lourds et des composés organiques. *Intersol*, 27-29 mars 2007, *présentation orale*. In : Anger, B. (2014). Caractérisation des sédiments fins de retenues hydroélectriques en vue d'une orientation vers des filières de valorisation matière. *Thèse de doctorat, Génie-civil, Université de Caen Basse-Normandie*, 316 p
- Deram, A., & Hayet, A. (2006). Evaluation et acceptabilité des risques environnementaux. Méthodes d'évaluation, analyse comparative ; Etude sociologiques des représentations des risques, synthèse bibliographique. n°04-0810/0811/1A RECORD, 228.
- Desrosiers, M., Martel, L., Boudreau, L., Cormier, M., Gagnon, C., Lepage, S., ... Triffault-Bouchet, G. (2012) Ecological Risk Assessment (ERA) of Open-water Disposal of Sediment to Support the Management of

- Dredging Project in the St. Lawrence River. In *Contaminated Sediments: 5th Volume, Restoration of Aquatic Environment*. ASTM International.
- Dia, M. (2013). Traitement et Valorisation de Sédiments de Dragage Phosphatés en Technique Routière. *Thèse de Doctorat, Université d'Artois et Mines de Douai*, 169.p
- Diaz, R. J., Solan, M. et Valente R.M., (2004) A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Environmental Management* 73 : 165-181.
- Dinger, F. (1997). Végétalisation des espaces dégradés en altitude. *Editions Quae*. p 144 In : Séré, G., (2007). Fonctionnement et évolution pédogénétique de Technosols issus d'un procédé de construction de sol. *Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine* p 228.
- Djajakirana, G., Joergensen, R.G., Meyer, B. (1996) Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 22(4), 299–304.
- Donguy, G., Perrodin, Y., Pandard, P., & Andres, S. (2007). Guide méthodologique pour l'évaluation des risques écologiques liés à la restauration de carrières de la zone littorale à l'aide de sédiments de dragage portuaires prétraités. (*Programme ANR "SEDIGEST"*). Tome 1 Présentation de La Méthodologie, 33 p.
- Doni, S., Macci, C., Peruzzi, E. *et al.* (2015). Heavy metal distribution in a sediment phytoremediation system at pilot scale. *Ecological engineering* August 2015;81:146-157
- Doran, J.W., and Zeiss, M.R. (2000) Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 3–11.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., (1994) Defining and assessing soil quality. In : Cecillon, L. (2008) Quels indicateurs pour évaluer la qualité de sols forestiers soumis à des contraintes environnementales fortes. *Thèse de doctorat en science du sol, Université Joseph Fourier de Grenoble*. pp. 215
- Doran, J.W., Safley, M., 1997. Defining and Assessing Soil Health and Sustainable Productivity, in: *Biological Indicators of Soil Health*. pp. 1–28. doi:10.2134/jeq1998.00472425002700050038x
- DREAL Nord-Pas de Calais. (2011). Sédiments Trois modes de gestion Sédiments Mode d'emploi, *MEDDTL*, 6.p
- DREAL NPC 2012 « *Sédiment gestion à terre : quelle réglementation ?* »
- [http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/dreal\\_2012\\_sediments.pdf](http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/dreal_2012_sediments.pdf)
- Dubois, V., Edine, N., Zentar, R., Ballivy, G. (2009). The use of marine sediments as a pavement base material. *Waste Management*, 29(2), 774–782. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.05.004>
- Dufrêne, M., Legendre, P., (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, 3, pp. 345-366.
- Dumay, N. (2015). Réglementations existantes en Europe sur le dragage portuaire. *SETARMS-Séminaire sur les enjeux des sédiments et leur valorisation dans les matériaux de construction-17 septembre 2015*, 17 p.
- Dungern, W. (1983) Tiere im Boden. Ziemsen, Wittenberg. In: Godet, J. (2010) Intérêt des isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité des sols : Recherche de paramètres indicateurs de la pollution par des éléments traces métalliques et contribution à la mise au point d'un outil écotoxicologique de terrain. *Thèse de doctorat, Ecologie, Université Lille 1, Sciences et Technologie*. pp 251

- Eash, N.S., Stahl, P.D., Parkin, T.B., Karlen, D.L. (1996) A Simplified Method for Extraction of Ergosterol from Soil. *Soil Science Society of America Journal*, 60(2), 468-471.
- Eau Artois Picardie « *Inventaire détaillé des techniques de curage, transport, traitement et usage des sédiments* »  
<http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/gestionsediments.pdf>
- Eau Artois Picardie (2010). Les médicaments dans les cours d'eau du bassin Artois-Picardie : résultats de la campagne exploratoire de 2010. Décembre 2010  
<http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/BaseDoc/aegis/2485/B%2022176.pdf>
- EC(EuropeanCommission) (2003) Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive93/67/EEConRisk Assessment for New Notified Substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council Concerning the Placing of Biocidal Products on the Market; Part I–IV. Office for Official Publications of the EC Luxembourg
- ECHA (European Chemicals Agency) (2008) Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment. ChapterR.7b: Endpoint Specific Guidance. Helsinki, Finland
- Egeler P, Henry KS, and Riedhammer C. (2010) Potential effects of food addition to sediment on test conditions in sediment toxicity tests. *J Soils Sed* 10:377–88.
- Eggleton, J. & Thomas, K.V. (2004). A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events. *Environment Int* 2004 September;30(7):973-80
- Eijsackers, H. (2010). Earthworms as colonisers: Primary colonisation of contaminated land, and sediment and soil waste deposits. *Science of the Total Environment*, 408(8), 1759–1769.  
<http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.12.046>
- Eijsackers, H., Bruggeman, J., Harmsen, J., de Kort, T., & Schakel, A. (2009). Colonization of PAH-contaminated dredged sediment by earthworms. *Applied Soil Ecology*, 43(2-3), 216–225.  
<http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.08.003>
- Eijsackers, H., Van Gestel, C. A. M., De Jonge, S., Muijs, B., et Slijkerman, D. (2001) Polycyclic aromatic hydrocarbon-polluted dredged peat sediments and earthworms: a mutual interference. *Ecotoxicology*, 10(1), 35–50. <http://doi.org/10.1023/A:1008954706150>
- Eivazi, F., and Tabatabai, M.A. (1977) Phosphatases in soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 9, 167–172.
- Environnement Canada (2011) Méthode d'essai biologique : Essai sur la fécondation chez les échinides (oursins globuleux et oursins plats) SPE 1/RM/27, 152p
- Environnement Canada (2013). Méthode d'essai biologique : essai de survie et de croissance de l' amphipode dulcicole *Hyaella azteca* dans les sédiments et l' eau. Rapport SPE 1 /RM/33, Deuxième édition, 180 pp.
- Environnement Canada, (1997). Méthode d'essai biologique: essai de survie et de croissance des larves dulcicoles de chironomes (*Chironomus tentans* ou *Chironomus riparius*) dans les sédiments.
- Environnement Canada (2013). Méthode d'essai biologique : essai de survie et de croissance de l'amphipode dulcicole *Hyaella azteca* dans les sédiments et l'eau. *Rapport SPE 1 /RM/33, Deuxième édition*, 180pp.

Erfteimeijer, P. L. A., et Lewis, R. R. R. (2006) Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1553–72. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.09.006>

Erfteimeijer, P. L. A., Riegl, B., Hoeksema, B. W., Todd, P. A., et Knight Merz, S. (2012) Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 1737–1765. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.008>

## F

Fadil, F., Maarouf, A., et Zaid, A. (1997) Utilisation de *Gammarus gauthieri* Pinkster (Crustacé : Amphipode) pour tester la toxicité des sédiments des eaux douces. *Annales de Limnologie*, 33(2), 73–78.

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487–515. <http://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

Fent, K. (1996). Ecotoxicology of organotin compounds. *Critical Reviews in Toxicology* 26, (1), 1-117

Fernandez-Casalderrey, A., Ferrando, M. D., Andreu-Moliner, E. (1993) Effect of the insecticide methylparathion on filtration and ingestion rates of *Brachionus calyciflorus* and *Daphnia magna*. *Science of the total environment*, 134, 867-876.

Ferro, Y. (2010). Sédiments marins et végétalisation : évaluation des impacts sur les écosystèmes de surface dans le cadre d'un scénario de remplissage de carrières. *Travail de fin d'étude* 08 Septembre 2010, 120 pages

Filsler, J., Wiegmann, S., Schröder, B. (2013) Collembola in ecotoxicology—Any news or just boring routine? *Applied Soil Ecology*, 83, 193–199. <http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.07.007>

Fischesser, B., & Dupuis-Tate, M. (2007). Le guide illustré de l'écologie, *Editions de la Martinière*, 349 p.

Foucher, J. (2005). Valorisation des déblais sableux de dragage portuaire en France Métropolitaine. Travail de Fin d'Etudes, *ENTPE*. 66 p.

Francis, P.S., Lewis, S.W., Lim, K.F. (2002) Analytical methodology for the determination of urea : current practice and future trends. *Trends in Analytical Chemistry*, 21(5), 389–400

## G

Galgani (2007) Evaluation de la toxicité globale des sédiments du littoral des bouches du Rhône par un bio essai : développement larvaire de l'huître *Crassostrea gigas* en présence d'éluutriats de sédiments. *Ifremer*, 23p.

Garbolino, E., Aqua, L., Bazin, C., & Sannier, L. (2013). Guide des réalisations : *Sedivald. Cap Sédiments*, 1–62.

Gay, C., Bourrain, X., Demortier, G., Lascombe, C., et Stroffek, S. (2000) Guide technique de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) NF-T90-350. *Les Etudes Des Agences De L'Eau, 2eme éditi*, 37p.

Geffard, O. (2001). Toxicité potentielle des sédiments marins et estuariens contaminés : évaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires. Thèse soutenue le 21 Décembre 2001 pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Bordeaux 1 (spécialité écotoxicologie), 376 pages

Genin, B., Chauvin, C., et Ménard, F. (2003). *Cours d'eau et indices biologiques: pollution, méthodes, IBGN*. Educagri éditions. 221 p.

- Geode. (2012). Suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion *Guide méthodologique*, p 134.
- Gerard, L., & Ducros, J. (2014). La gestion des sédiments de dragage - Point sur la réglementation-. *4ème Assises Du Port Du Futur, 9-10 Septembre 2014, Paris*.
- GIP (Groupement d'intérêt Public) Seine Aval (2007). La contamination chimique : quel risque en estuaire de Seine ?  
Fiche substance : organoétains.
- Girard, M. C., Schwartz, C., & Jabiol, B. (2011). Étude des sols. Description, cartographie, utilisation. *Dunod éd., Paris*. 416 p.
- Gobat J-M., Aragno M., Matthey W., (2010) Le sol vivant : Bases de pédologie – Biologie des sols, 3eme édition revue et augmentée. *Presses polytechniques et universitaires romandes*. pp. 817.
- Gong, P., Guan, X., Witter, E. (2001) A rapid method to extract ergosterol from soil by physical disruption. *Applied Soil Ecology*, 17(3), 285–289
- Grall J., Quiniou F., Glemarec M. (2003). Bioévaluation de la qualité environnementale des milieux portuaires. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 247 p.
- Grall, J et Glémarec, M. (2003) Chapitre III – L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière I2EC : 53-88 in Alzieu, C. (2003). Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. *Editions Quae*. 247pp
- Gray, J.S., Dayton, P., Thrush, S., Kaiser, M.J., (2006). On effects of trawling, benthos and sampling design. *Marine Pollution Bulletin* 52, 840–843. doi:10.1016/j.marpolbul.2006.07.003
- Green, S.M., Machin, R., & Cresser, M. S. (2008). Effect of long-term changes in soil chemistry induced by road salt applications on N-transformations in roadside soils. *Environmental Pollution* 2008 Mar;152(1):20-31. DOI: 10.1016/j.envpol.2007.06.005
- Green, V.S., Stott, D.E., Diack, M. (2006) Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(4), 693–701.
- Gregoire, P., Abriak, N. E., Brakni, S., et Achour, R. (2013) Benthic quality evaluation of immersion zones of sediments dredging. *Revue Paralia*, 6, 1–12. <http://doi.org/10.5150/revue-paralia.2013.003>
- Gregoire, P., & Glaser, D. (2010). Dragage et valorisation – Traitement des sédiments non-immergeables dragués dans le port de Dunkerque-France , 11 p
- Gregoire, P., & Glaser, D. (2010). Dragage et valorisation – Traitement des sédiments non-immergeables dragués dans le port de Dunkerque-France. CETMEF, 11 p. [http://www.eau-mer-fleuves.cerema.fr/IMG/pdf/T4\\_15\\_Gr\\_goire\\_Glaser\\_cle6cc561-1.pdf](http://www.eau-mer-fleuves.cerema.fr/IMG/pdf/T4_15_Gr_goire_Glaser_cle6cc561-1.pdf)
- Gregoire, P., & Proulhac, N. (2010). Présentation des dragages d'entretien grand port maritime de dunkerque (GPMD). *Grenelle de La Mer, Paris*, 18 p.
- Grenelle de la Mer. (2010). Sédiments de dragage. Groupe de travail n°11-rapport final. *MEEDDM*, 37p. Retrieved from <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/G11-2.pdf>

- Hargrave, B. T. (1970) The utilization of benthic microflora by *Hyaella azteca* (Amphipoda). *The Journal of Animal Ecology*, 427-437.
- Haropaport (2007). Accumulation sédimentaire de confluence, recommandations relatives et opérations impliquant des sédiments aquatiques potentiellement contaminés. Rhône Méditerranée Eau France A2 V2.0, septembre 2013 annexes
- Harvey, M., Gauthier, D., et Munro, J. (1998) Temporal Changes in the Composition and Abundance of the Macro-benthic Invertebrate Communities at Dredged Material Disposal Sites in the Anse h Beaufils, Baie des Chaleurs, Eastern Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 36(1), 41–55. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)90031-5](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)90031-5)
- Hasenbein, S., Connon, R. E., Lawler, S. P., Geist, J. (2015) A comparison of the sublethal and lethal toxicity of four pesticides in *Hyaella azteca* and *Chironomus dilutus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(15), 11327-11339.
- Hauray J. et al. (1996) Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français : premières propositions. *Écologie* 27 : 233-244.
- Hauray J. et al. (2006) A new method to assess water trophy and organic pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia* 570: 153-158.
- Haws, N.W., Ball, W.P. et Bouwer, E.J. (2006). Modeling and interpreting bioavailability of organic contaminant mixtures in subsurface environments. *Journal of contaminant hydrology* February 2006;82(3-4):255-92
- Hayet A. (2010). Contribution de l'écologie à la caractérisation de sites contaminés. Application à l'évaluation des risques pour les écosystèmes. Thèse de doctorat soutenue publiquement le 26 janvier 2010. Université de Lille, Droit et Santé, 766 p.
- Hayet A. & Deram A. (2011). La biodiversité et les indicateurs écologiques comme outils d'évaluation des écosystèmes terre liés à des terrains contaminés. *Séminaire « Quels outils pour l'Evaluation des Risques pour les Ecosystèmes terrestres liés à des terrains contaminés ? »* Synthèse atelier n°1. 27-28 Septembre 2011 Paris.
- Hayet A., Deram A., Couffignal B. (2009) Evaluation des risques écologiques : vers une harmonisation à l'échelle européenne. *Environnement, Risques et Santé*. Vol. 8 (2) .. (Hayet et al 2009)
- Hayet A., Deram A., Denayer F.O., Couffignal C., Van Haluwyn C. (2006). Variability of nine methodologies of Ecological Risk Assessment (ERA) : consequences on results and application. *Communication affichée SETAC La Haye* ;
- Hayet, A., (2011). Apport des inventaires écologiques de terrain à l'évaluation des risques d' un écosystème terrestre contaminé aux ETM 3–5.
- Heijerick, D. G., De Schamphelaere, K. A. C., & Janssen, C. R. (2002). Biotic ligand model development predicting Zn toxicity to the alga *Pseudokirchneriella subcapitata*: possibilities and limitations. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 133(1), 207-218.
- Herman, S., Glaser, D., Pieters, A., Grégoire, P., Priez, C., Desmoulin, D., & Guglielmetti, D. (2014)a. Cinq ans de valorisation des sédiments contaminés extraits du Port de Dunkerque ( France ). *XIIIème Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, Dunkerque, 2-4 Juillet 2014*. <http://doi.org/10.5150/jngcgc.2014.109>

- Herman, S., Pieters, A., Glaser, D., Grégoire, P., Priez, C., & Guglielmetti, D. (2014)b. A lustrum of valorisation of contaminated sediments from the port of Dunkirk (France). Proceedings of the South Baltic Conference on Dredged Materials in Dike Construction, Rostock, 10-12 April 2014, 8 p.
- Higgins, C. P., McLeod, P. B., MacManus-Spencer, L. A., et Luthy, R. G. (2007) Bioaccumulation of perfluorochemicals in sediments by the aquatic oligochaete *Lumbriculus variegatus*. *Environmental science et technology*, 41(13), 4600-4606.
- Hoch, M. (2001). Organotin compounds in the environment -- an overview. *Applied Geochemistry* 16, (7-8), 719-743
- Hoffman, D. J., Rattner, B. A., Burton Jr, G. A., Cairns Jr, J. (2002). Handbook of ecotoxicology. *CRC Press*. 1 315 pp
- Hofman, J., Dušek, L., Klanova, J., Bezchlebova, J., Holoubek, I. (2004) Monitoring microbial biomass and respiration in different soils from the Czech Republic - A summary of results. *Environment International*, 30(1), 19-30.
- Hope, B.K., (2006). An examination of ecological risk assessment and management practices. *Environment International* 32, 983-995. doi:10.1016/j.envint.2006.06.005
- Hubaux, N. & Perceval, O. (2011). Pollution des milieux aquatiques par les polychlorobiphényles (PCB) en France : principaux enjeux de gestion et lacunes identifiées dans les connaissances environnementales. Onema, Décembre 2011. 52 pages.
- Huot, H., Simonnot, M.-O., & Morel, J. L. (2015). Pedogenetic Trends in Soils Formed in Technogenic Parent Materials. *Soil Science*, 180(4), 1. <http://doi.org/10.1097/SS.0000000000000135>
- Hutton, M., Venturini, N., García-Rodríguez, F., Brugnoli, E., et Muniz, P. (2015) Assessing the ecological quality status of a temperate urban estuary by means of benthic biotic indices. *Marine pollution bulletin*, 91(2), 441-453.
- Hyötyläinen T, et Oikari A (2004) *Bioaccumulation of PAHs from creosote-contaminated sediment in a laboratory-exposed freshwater oligochaete, Lumbriculus variegatus* ; *Chemosphere* 57:2 2004 Oct pg 159-64.

## I

- IDRA Environnement, (2012). Résumé non technique du dossier de demande d'autorisation d'exploiter une ICPE - Plate-forme de gestion traitement et valorisation des sédiments à Tohannic (56). *Référence IDRA Environnement : E 111002*, 39 p
- IDRA Environnement, (2014). Dossier de déclaration décennale pour le dragage de l'embouchure du Préconil, Ville de Ste Maxime – annexe 2 : localisation et description des travaux envisagés. 22 p
- Imamoglu, I., Li, K., Christensen, E.R., and McMullin J.K. (2004). Sources and Dechlorination of Polychlorinated Biphenyl Congeners in the Sediments of Fox River, Wisconsin. *Environ. Sci. Technol.* 2004. 38 ;2574-2583
- INERIS 2009 « Impacts sur les milieux aquatiques des sédiments de dragage gérés à terre : Problématique, contexte réglementaire, modélisation du transfert de contaminants organiques » RAPPORT D'ETUDE 30/06/2009. N°DRC-08-95306-16457A. Convention ONEMA-INERIS 2008. ACTIONS N°24 (partie 2) et N°25. 64 pages  
<http://www.ineris.fr/centredoc/r-08-16457a-action24et25-vf-couv.pdf>
- Ingersoll, C. G., Haverland, P. S., Brunson, E. L., Canfield, T. J., Dwyer, F. J., Henke, C. E., ... Fox, R. G. (1996) Calculation and evaluation of sediment effect concentrations for the amphipod *Hyaella azteca* and the midge *Chironomus riparius*. *Journal of Great Lakes Research*, 22(3), 602-623.

- International Organization for Standardization (ISO), Soil quality – inhibition of reproduction of collembola (*Folsomia candida*) by soil pollutants, in: ISO 11267. International Standardization Organization, Geneva, Switzerland, 1999
- In Vivo. (2005). Guide pour la gestion des opérations de dragage : Fédération Française des Ports de Plaisance, 82 p
- In Vivo. (2008). Guide pour la gestion durable des déblais de dragage portuaires contaminés en France, 61 p
- IRD UMR Eco & Sol (2012) La nématofaune, Fiche Outil Programme Bioindicateur, ADEME, 4 p.
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., Pascarella, L., et Parrella, A. (2005) Toxic and genotoxic evaluation of six antibiotics on non-target organisms. *Science of the total environment*, 346(1), 87-98.
- Isidori, M., Parrella, A., Pistillo, P., Temussi, F. (2009) Effects of ranitidine and its photoderivatives in the aquatic environment. *Environnement international*, 35(5), 821-825.
- ISO 10253 : T90-3H, (1998) Qualité de l'eau - Essai d'inhibition de la croissance des algues marines avec *Skeletonema costatum* et *Phaeodactylum tricornutum*. International Standards Organisation, Standard NF EN ISO 10253 : T90-3H, 8p.
- ISO 11267(2014) Soil quality -- Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil contaminants, 19 p.
- ISO 11268-1 (2012) Qualité du sol -- Effets des polluants vis-à-vis des vers de terre -- Partie 1: Détermination de la toxicité aiguë vis-à-vis de *Eisenia fetida*/*Eisenia andrei*, 19 p.
- ISO 11269-2 (2012) Qualité du sol -- Détermination des effets des polluants sur la flore du sol -- Partie 2: Effets des sols contaminés sur l'émergence et la croissance des végétaux supérieurs, 19p.
- ISO 11348-1(2007) Qualité de l'eau -- Détermination de l'effet inhibiteur d'échantillons d'eau sur la luminescence de *Vibrio fischeri* (Essai de bactéries luminescentes) -- Partie 1: Méthode utilisant des bactéries fraîchement préparées. 25 pp
- ISO 11348-1(2007) Qualité de l'eau -- Détermination de l'effet inhibiteur d'échantillons d'eau sur la luminescence de *Vibrio fischeri* (Essai de bactéries luminescentes) -- Partie 1: Méthode utilisant des bactéries fraîchement préparées. 25 pp
- ISO 14669, (1996). Qualité de l'eau - Détermination de la toxicité létale aiguë vis-à-vis de copépodes marins (Copepoda, Crustacea). International Standards Organisation, Standard Draft ISO/DIS 14669/1996 (F), 23 p.
- ISO 16072 (2002) Qualité du sol -- Méthodes de laboratoire pour la détermination de la respiration microbienne du sol. AFNOR, pp 20
- ISO 16303(2013) Qualité de l'eau -- Détermination de la toxicité des sédiments d'eau douce vis-à-vis de *Hyalella azteca*, 30 p
- ISO 20666 (2008) Qualité de l'eau -- Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de *Brachionus calyciflorus* en 48 h ; 16 p
- ISO 23611-5 : Qualité du sol – Prélèvement des invertébrés du sol – Partie 5 : Prélèvement et extraction des macro-invertébrés du sol.

ISO 6341(2012) Qualité de l'eau -- Détermination de l'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) -- Essai de toxicité aiguë, 24 p

## J

Jabnourne, M. (2008). Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse soutenue le 19 Décembre 2008 en vue de l'obtention du grade de Docteur en Physiologie Végétale et Biologie Moléculaire. Laboratoire de Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes – Université Montpellier II SupAgro

Jançon, G., Parvy, P., Body, C. *et al.* (2008). Médicaments et environnement : rapport de l'Académie nationale de Pharmacie. Septembre 2008, 103 pages. Disponible sur le lien suivant : [http://www.acadpharm.org/dos\\_public/1\\_Rapport\\_Med\\_Env\\_version\\_JMH\\_def\\_JPC.pdf](http://www.acadpharm.org/dos_public/1_Rapport_Med_Env_version_JMH_def_JPC.pdf)

Janssen, C. R., Ferrando, M. D., et Persoone, G. (1994). Ecotoxicological studies with the freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus*: IV. Rotifer behavior as a sensitive and rapid sublethal test criterion. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 28(3), 244-255.

Jantunen AP, Tuikka A, Akkanen J, Kukkonen JV (2008). Bioaccumulation of atrazine and chlorpyrifos to *Lumbriculus variegatus* from lake sediments. *Ecotoxicology and environmental safety* 71:3 2008 Nov pg 860-8 ; PubMed:18353437

Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Rombke, J., van der Putten W. H., (2010). European Atlas of Soil Biodiversity. *European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg*. pp 128.

Jolivet C., Boulonne L. Ratie C., (2006). Manuel du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols, *édition 2006, Unité InfoSol, INRA Orléans, France*, 190 p.

Jones, R., Ricardo, G. F., et Negri, A. P. (2015). Effects of sediments on the reproductive cycle of corals. *Marine Pollution Bulletin*, 100(1), 1–21. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.021>

Journal Nature. (2013). Une ancienne ballastière devient un site écologique exemplaire dans une boucle de la Seine. [Le.journal.nature.com](http://www.lejournalnature.com/ljnblogmain/?p=1638), 9. Retrieved from <http://www.lejournalnature.com/ljnblogmain/?p=1638>

## K

Kandeler, E., and Gerber, H. (1988). Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, 6(1), 68–72.

Kenny, A. J., Rees, H. L., Greening, J., and Campbell, S. (1998). The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos at an experimental dredge site off North Norfolk, UK (results 3 years post-dredging). *ICES CM* 1998/V: 14. 14 pp.

Kew, G.A., Schaum, J.L., White, P. and Evans, T.T. (1989). Review of plant uptake of 2,3,7,8-TCDD from soil and potential influences of bioavailability. *Chemosphere*, 18, 1313-1318.

Khezami, I. (2014). Application du guide éco-modélé paysager aux sédiments de dragage, *Présentation aux Journées Nationales Sédiments Juin 2014*.

Kjoller, A.H., and Struwe, S. (2002). Fungal communities, succession, enzymes, and decomposition. pp 274-291. *In*: Burns, R. G., and Dick, R. P. (2002) *Enzymes in the environment : activity, ecology and applications*. *Marvel Dekker Inc, Ed*. pp 640.

- Kosmala, A., Charvet, S., Roger, M. C., et Faessel, B. (1999). Impact assessment of a wastewater treatment plant effluent using instream invertebrates and the *Ceriodaphnia dubia* chronic toxicity test. *Water Research*, 33(1), 266-278.
- Kribi, S., Ramarosan, J., Nzihou, A. *et al.* (2012). Laboratory scale study of an industrial phosphate and thermal treatment for polluted dredged sediments. *International Journal of Sediment Research* 2012;27:538-546
- Kuzmanović, M., López-Doval, J. C., De Castro-Català, N., Guasch, H., Petrović, M., Muñoz, I., ... Barceló, D. (2015). Ecotoxicological risk assessment of chemical pollution in four Iberian river basins and its relationship with the aquatic macroinvertebrate community status. *Science of The Total Environment*, 540, 324–333. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.112>
- Kwok, K. W. H., et Leung, K. M. Y. (2005). Toxicity of antifouling biocides to the intertidal harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus* (Crustacea, Copepoda): Effects of temperature and salinity. *Marine Pollution Bulletin*, 51(8-12), 830–837. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.02.036>

## L

- Laffont-Schwob, I., Moreau, X., Masotti, V., Di Giorgio, C., De Jong-Moreau, L., Rabier, J., ... Thiéry, A. (2009). Outils décisionnels dans la gestion des pollutions accidentelles des cours d'eau: vers des solutions écologiquement durables. *Ingénieries*, 9-16.
- Lafont, M., Grapentine, L., Rochfort, Q., Marsalek, J., Tixier, G., et Breil, P. (2007). Bioassessment of wet-weather pollution impacts on fine sediments in urban waters by benthic indices and the sediment quality triad. *Water Science et Technology*, 56(9).
- Lainé, M., Morin, S., Tison-Rosebery, J. (2014). A Multicompartment Approach-Diatoms, Macrophytes, Benthic Macroinvertebrates and Fish-To Assess the Impact of Toxic Industrial Releases on a Small French River.
- Laselle, M.W., Landin, M.C., Sims, J.G., (1991). Evaluation of the flora and fauna of a *Spartina alterniflora* marsh established on dredged material in Winyah Bay, South Carolina. *Wetlands* 11, 191–208.
- Launois, L. (2011). Impact des facteurs anthropiques sur les communautés piscicoles lenticules: vers l'élaboration d'un indice poisson (*Doctoral dissertation, Aix Marseille 1*).
- Laurent, C., Feidt, C. et Laurent, F. (2012) . Contamination des sols – Transfert des sols vers les animaux. EDP Sciences/ADEME Editions. 216 pages ISBN : 2-86883-794-8).
- Laval, K., Mougín, C., Akpa, M., Barray, S., Dur, J., Gangneux, C., ... Trinsoutrot-Gattin, I. (2009). Nouvelles avancées vers la compréhension des données biologiques. *Etude et Gestion Des Sols*, 16(3/4), 275–288.
- Lavelle, P et Andrade, M. (2007). GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(12), 3066–3080.
- Lavelle, P. et Spain, A.V. (2001). Soil ecology. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, pp 654.
- Lavelle, P., Andrade, M. (2007) GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(12), 3066–3080.
- Lefebvre, G., & Walkowiak, J. (2012). Evaluation du gisement de sédiments maritimes et continentaux en région Nord-Pas de Calais. Bilan 2001-2011 et perspectives 2012-2016. Fiche de synthèse des résultats. *Affaire 11 02 00185 DREAL Nord-Pas de Calais - CETE Nord Picardie*, 53(9), 1689–1699. doi:10.1017/CBO9781107415324.004

- Le Calvé, O. (2002). Propriétés physiques du milieu marin – un cours d'introduction à l'océanographie physique. Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var. Mis à jour en mai 2002. 40 pages.
- Le Gac, S., Chiffolleau, A.-C., Claudet, H., & Lozach, L. (2011). Bilan de la réglementation française et anglaise pour le dragage des ports - Rapport de Synthèse. *Setarms*, 54 p., <http://www.setarms.org/documentation/3/rapport-de-synthese.pdf>
- Le Pape, O., Lepage, M., et Féra, P. (2015). La démarche de développement d'indicateurs basés sur l'ichtyofaune pour évaluer la qualité écologique des eaux de transition françaises dans le cadre de la DCE: une marche forcée pour des résultats positifs. *Noröis*, (2), 37-49.
- Legras, M. (2012). Biomasse moléculaire fongique estimée par la quantification de l'ergostérol. *Fiche-Outil Programme Bioindicateurs*, ADEME, pp 4.
- Le Guern, C., Conil, P., Clozel, B., Albrecht, M., Levacher, D., Proulhac, N., ... Baticle, P. (2004). Aide à la gestion alternative au rejet en mer de sédiments contaminés provenant du dragage de sites portuaires. Rapport final. *BRGM/RP-53470-FR*, 235 p.
- Lehmann, A. (2006). Technosols and other proposals on urban soils for the WRB (World Reference Base for Soil Resources). *International Agrophysics*, 20(2), 129–134. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33745198282&partnerID=tZOtx3y1>
- Lemoine, G et Pauwels, M. (2014) La pollution créatrice de biodiversité : les "gazons maudits du Nord - Pas-de-Calais. *Espèces*, 12, pp 81.
- Lenoir A. et Coste M. (1996) Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French national water Board network. In: Whitton, B.A., Rott, E. (Eds.), Use of Algae for Monitoring Rivers, vol. II. Innsbruck, Austria 17–19 September 95, Studia Student, GmbH, pp. 29-43.
- Leung, K.M.Y., Bjørgesæter, A., Gray, J.S., Li, W.K., Lui, G.C.S., Wang, Y., Lam, P.K.S., (2005). Deriving sediment quality guidelines from field-based species sensitivity distributions. *Environmental Science and Technology* 39, 5148–5156. doi:10.1021/es050450x
- Levesque, S. (2008). Fiche action - Remblaiement d'une ancienne ballastière. AREHN (Agence Régionale de L'environnement de Haute Normandie), 2. Retrieved from [http://www.arehn.asso.fr/6jdd/docs/Fiche-action\\_CBN.pdf](http://www.arehn.asso.fr/6jdd/docs/Fiche-action_CBN.pdf)
- Levin, L.A., Talley, D., Thayer, G., (1996) Succession of macrobenthos in a created salt marsh. *Marine Ecology Progress Series* 141, 67– 82.
- Lewis, M. a, Weber, D. E., Stanley, R. S., et Moore, J. C. (2001) Dredging impact on an urbanized Florida bayou: effects on benthos and algal-periphyton. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 115(2), 161–71. [http://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00118-X](http://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00118-X)
- LGBP (2012). Stress salin/hydrique. APE Master MBVB 2012/2013. *Laboratoire de Génétique et Biophysique des Plantes*. UMR 6191-IBEB CEA
- Liang, Y. (2012). Co-valorisation des sédiments et des sols fins par apport de liants et de fibres. Thèse soutenue le 29 Mai 2012 en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Caen (spécialité Génie Civil), 228 pages
- Lindenmayer, D.B., Margules, C.R., Botkin, D.B., Biology, C., Aug, N. (2000) Indicators of Biodiversity for Ecologically Sustainable Forest Management. *Conservation Biology*, 14(4), 941–950.

- Linkov I., Satterstrom FK., Kiker G., Seager TP., Bridges T., *et al.* (2006). Multicriteria Decision Analysis : a comprehensive decision approach for management of contaminated sediments. *US Army Corps of Engineers, Omaha District*. Paper 165
- Lions, J., Guérin, V., Bataillard, P. *et al.* (2010). Metal availability in a highly contaminated dredged sediment disposal site : fields measurements and geochemical modelling. *Environment Pollution* 12 June 2010;158:2857-2864
- Liu, J. & Schnoor, J.L. (2008). Uptake and translocation of lesser-chlorinated polychlorinated biphenyls (PCBs) in whole hybrid poplar plants after hydroponic exposure. *Chemosphere* November 2008;73(10):1608-1616. [doi:10.1016/j.chemosphere.2008.08.009](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.08.009)
- Loiseau, V. (1994). Synthèse des connaissances sur l'estuaire de la Seine – partie 3 : contamination chimique (deuxième volet). IFREMER <http://archimer.ifremer.fr/doc/00104/21553/19132.pdf>
- Loriot, S., Laplace-Treytore, C., Boutry, S., Bertrin, V. (2014) Des applications informatiques pour faciliter l'acquisition des données Macrophytes dans les réseaux de surveillance des masses d'eau continentales. *Sciences Eaux and Territoires : la Revue du IRSTEA*, IRSTEA, pp.60-62
- Lors, C., Tiffreau, C., Laboudique, A. (2004). Effects of bacterial activities on the release of heavy metals from contaminated dredged sediments. *Chemosphere* August 2004;56(6):619-630
- Loustau Cazalet, M. (2012). Caractérisation physico-chimique d'un sédiment marin traité aux liants hydrauliques : évaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques. Thèse soutenue le 08 Novembre 2012 en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 267 pages
- Luís, A. T., Teixeira, P., Almeida, S. F. P., Ector, L., Matos, J. X., et Da Silva, E. F. (2009) Impact of acid mine drainage (AMD) on water quality, stream sediments and periphytic diatom communities in the surrounding streams of Aljustrel mining area (Portugal). *Water, air, and soil pollution*, 200(1-4), 147-167.
- Luo, W., Verweij, R. a, van Gestel, C. a M. (2014) Assessment of the bioavailability and toxicity of lead polluted soils using a combination of chemical approaches and bioassays with the collembolan *Folsomia candida*. *Journal of Hazardous Materials*, 280, 524–30. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.08.044>

## M

- Macía, P., Fernández-Costas, C., Rodríguez, E., Sieiro, P., Pazos, M., et Sanromán, M. A. (2014) Technosols as a novel valorization strategy for an ecological management of dredged marine sediments. *Ecological Engineering*, 67, 182–189. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.020>
- Mader, H. J. (1984). Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation*, 29(1), 81–96. [http://doi.org/10.1016/0006-3207\(84\)90015-6](http://doi.org/10.1016/0006-3207(84)90015-6)
- Magar, V.S., Brenner, R.C., Johnson, G.W., Quensen, J.F. (2005). Long-term recovery of PCB-contaminated sediments at the Lake Hartwell superfund site: PCB dechlorination. 2. Rates and extent. *Environmental Science and Technology* 39, 3548-3554.
- Maguire, R. J. (2000). Review of the persistence, bioaccumulation and toxicity of tributyltin in aquatic environments in relation to Canada's toxic substances management policy. *Water Quality Research Journal Canada* 35, (4), 633-679
- Maltby L, Arnold D, Arts G, *et al.* (2009a) Aquatic Macrophyte Risk Assessment for Pesticides. *SETAC Press and CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA*
- Maltby L, Blake N, Brock TCM, *et al.* (2005) Insecticide species sensitivity distributions: Importance of test species selection and relevance to aquatic ecosystems. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24:379–88

- Maltby L, Brock TCM, and van den Brink PJ. (2009b) Fungicide risk assessment for aquatic ecosystems: Importance of interspecific variation, toxic mode of action, and exposure regime. *Environmental Science & Technology* 43:7556–63
- Mamindy-pajany, Y. (2014). Guide opérationnel: Valorisation des sédiments de dragage dans l'aménagement paysager. *MINES Douai-SEDIMATERIAUX*, 23 p.
- Mamindy-pajany, Y., Hamer, B., Roméo, M., Gélet, F., Galgani, F., Durmi, E., ... Marmier, N. (2011) Archimer evaluated by several bioassays. *Chemosphere*, 82(3), 362–369.
- Mamindy-Pajany, Y., Hurel, M., Gélet, F., Galgani, F., Battaglia-Brunet, F., Marmier, N., & Roméo, M. (2013) Arsenic in marine sediments from French Mediterranean ports : Geochemical partitioning, bioavailability and ecotoxicology. *Chemosphere*, 90(11), 2730–2736.
- Mamindy-Pajany Y., Hurel C., Geret F. *et al.* (2013). Comparison of mineral-based amendments for ex-situ stabilization of trace elements (As, Cd, Cu, Mo, Ni, Zn) in marine dredged sediments: a pilot-scale experiment. *Journal of Hazardous Materials* 15 May 2013;252-253:213-219 rapport 1
- Mamindy-pajany, Y., Hurel, C., Marmier, N., Roméo, M., Nice, U. De, & Antipolis, S. (2011). Stabilisation des métaux et dégradation biologique des polluants organiques dans un sédiment portuaire contaminé. *Déchets-REVUE FRANCOPHONE D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE*, 60, 3–6.
- Mamindy-Pajany, Y., Libralato, G., Roméo, M., Hurel, C., Losso, C., Ghirardini, A. V., et Marmier, N. (2010). Ecotoxicological evaluation of Mediterranean dredged sediment ports based on elutriates with oyster embryotoxicity tests after composting process. *Water Research*, 44(6), 1986–1994. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2009.11.056>
- Manouchehri N., Besançon S. et Bermond A. (2012). Spéciation chimique et biodisponibilité du mercure dans les sols et les sédiments. *ANSES, Bulletin de Veille Scientifique* n°18, Santé/environnement/travail, Juillet 2012
- Marcic, C. (2005). Evaluation du transfert des polluants organostanniques dans le système sol – plante à partir de l'épandage de boue de station d'épuration. Thèse en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, spécialité Environnement et Matériaux. Soutenue le 28 Octobre 2005. 283 pages.
- Markert, B. (1998). Distribution and biogeochemistry of inorganic chemicals in the environment. Chapitre de l'ouvrage *Ecotoxicology*. G. S. a. B. Markert, John Wiley & Sons
- Marmier, N., & Mamindy-Pajany, Y. (2013). Guide des réalisations : SEDITOX. *Cap Sédiment*, 1–25.
- Marmier, N., Battaglia-Brunet, F., & Mamindy-Pajany, Y. (2013). Guide des réalisations : GR ASEDMAR. *Cap Sédiment*, 1–27.
- Marrec, A., Cotonnec, G., Prouhac, N. (2011). Mise au gabarit européen de l'Oise : études préliminaires – Dragage et gestion des sédiments extraits, 133 p
- Maurer, D., Nguyen, H., Robertson, G., Gerlinger, T. (1999) The Infaunal Trophic Index (ITI): its suitability for marine environmental monitoring. *Ecological Applications*, 9(2), 699-713.
- Mc Cahon, C.P., et Pascoe, D. (1988) Use of *Gammarus pulex* (L.) in safety evaluation tests: culture and selection of a sensitive life stage. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 15(3), 245–252. [http://doi.org/10.1016/0147-6513\(88\)90078-4](http://doi.org/10.1016/0147-6513(88)90078-4)
- Mc Pherson, C.A. & Chapman, P.M., (2000) Copper effects on potential sediment test organisms: the importance of appropriate sensitivity. *Marine Pollution Bulletin* 40, 656–665.
- Mechaymech, A. (2002). Valorisation des boues de dragage – Application : port autonome de Dunkerque. Mémoire présenté à l'Université d'Artois pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (spécialité Génie civil)

- MEEM. (2014). Etude d'impact ou évaluation environnementale systématique. Développement Durable, 1–2. Retrieved from <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-etude-d-impact-projets.html>
- Middleton, B. a., & Jiang, M. (2013). Use of sediment amendments to rehabilitate sinking coastal swamp forests in Louisiana. *Ecological Engineering*, 54, 183–191. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.025>
- Middleton, B.a & Jiang, M. (2013). Use of sediment amendments to rehabilitate sinking coastal swamp forests in Louisiana. *Ecological Engineering* 54, 183-191. DOI :10.1016/j.ecoleng.2013.01.025X
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement MATE. (2000). Gestion des sites (potentiellement) pollués. Annexe 18 Glossaire sites et sols pollués. BRGM éditions, 33 p Retrieved from <http://www.developpement-durable.gouv.fr/amenagement-et-sites-pollues/pdf/glossaireSSP.pdf>
- Ministère de l'écologie et du développement durable. (2002). Historique national des opérations de curage et perspectives - Rapport final -. Etude Sur L'eau En France, 89, 190 p
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 22/09/1994 (point 12.3) relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières. Paru au JO n°246 du 22/10/1994.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 08/01/1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n°97-1133 du 08/12/1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. Paru au JO n° 26 du 31/01/1998
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 09/08/2006 relatif aux niveaux prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du Code de l'Environnement (CE). Paru au Journal Officiel (JO) n°222 du 24/09/2006.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 30/05/2008, article 9, fixant les prescriptions générales applicables aux opérations d'entretien de cours d'eau ou canaux soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du CE et relevant de la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement. Paru au JO n°147 du 25/06/2008.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 23/12/2009 complétant l'arrêté du 09/08/2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement. Paru au JO n°12 du 15/01/2010.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 05/05/2010 modifiant l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrière pour la prise en compte des dispositions de la directive européenne concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive. Paru au JO n°198 du 27/08/2010.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 12/03/2012 relatif au stockage des déchets d'amiante. Paru au JO n° 83 du 06/04/2012.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 26/07/2012 fixant le modèle du formulaire de la « demande d'examen au cas par cas » en application de l'article R. 122-3 du code de l'environnement. Paru au JO n°203 du 01/09/2012.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 08/02/2013 complémentaire à l'arrêté du 09/08/2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement. Paru au JO n°46 du 23/02/2013.

- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 17/07/2014 modifiant l'arrêté du 09/08/2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement. Paru au JO n° 173 du 29/07/2014.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 30/09/2014 fixant les prescriptions techniques générales applicables aux installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.5.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement. Paru au JO n°246 du 23/10/2014
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 12/12/2014 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations du régime de l'enregistrement relevant de la rubrique n°2760 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. Paru au JO n°289 du 14/12/2014.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 15/02/2016 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux. Paru au JO n°69 du 22/03/2016.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Arrêté du 15/02/2016, relatif aux installations de stockage de déchets de sédiments. Paru au JO du 23/03/2016.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Article L. 211-31 du Code de l'Environnement.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Article L.215-14 du CE.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Article L.541-30-1 du CE.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Circulaire du 08/02/2007 relative aux sites et sols pollués – modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Parue au BO n°2007/13 du 15/07/2007.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Circulaire du 04/07/2008 relative à la procédure concernant la gestion des sédiments lors de travaux ou d'opérations impliquant des dragages ou curages maritimes et fluviaux. Parue au BO n°2008/15 du 15/08/2008
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Circulaire du 24/12/2010 (Rubrique 2760, annexe II, point 4 « cas particulier ») relative aux modalités d'application des décrets n°2009-1341, 2010-369 et 2010-875 modifiant la nomenclature des installations classées exerçant une activité de traitement de déchets. Parue au Bulletin Officiel (BO) du MEDDTL (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement) n°1 du 25/01/2011.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Décret n°2010-369 du 13/04/2010 modifiant la nomenclature des installations classées. Paru au JO n°87 du 14/04/2010.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Décret n° 2011-2019 du 29/12/11 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements. Paru au JO n°302 du 30/12/2011.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Synthèse des observations du public - Projet d'arrêté ministériel relatif aux installations de stockage de déchets de sédiments.
- Miskewitz J., Hires R.I., Korfiatis G.P. *et al.* (2008). Laboratory measurements of the volatilization of PCBs from amended dredged material. *Environment Research* March 2008;106(3):319-325
- Mission d'Information et d'Evaluation MIE (2014). Les sédiments pollués dans les canaux – Synthèse du rapport de la mission d'information et d'évaluation », édition 2014
- Mille-Lindblom, C., Von Wachenfeldt, E., Tranvik, L. J. (2004) Ergosterol as a measure of living fungal biomass: persistence in environmental samples after fungal death. *Journal of Microbiological Methods*, 59(2), 253–62.
- Monbet, Y., (1999) Chapitre VI : Les dragages et leurs impacts sur l'environnement marin 111-128 in Alzieu, C. (1999). Dragages et environnement marin : Etat des connaissances. *IFREMER*, 225 pp.

- Mondy, C., et Usseglio-Polatera, P. (2012) Proposition d'un nouvel indice multimétrique de bioévaluation des cours d'eau basé sur le compartiment macro-benthique: l'I2M2. *Séminaire DOM, Vincennes 24 février 2012* [http://www.reseau.eaufrance.fr/webfm\\_send/2757](http://www.reseau.eaufrance.fr/webfm_send/2757)
- Montgomery, H.J., Monreal, C.M., Young, J. C., Seifert, K.A. (2000) Determination of soil fungal biomass from soil ergosterol analyses. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(8-9), 1207–1217.
- Montuelle, B. (2003) Qualité et gestion des sédiments d'eau douce. Éléments physico-chimiques et biologiques. *Quae, CEMAGREF Editions*, 332 p.
- Mouvet C. (2012). Protocole pour l'évaluation de l'écotoxicité de sédiments destinés à une gestion à terre – rapport final. BRGM/RP-60835-FR, Janvier 2012. Disponible sur le lien suivant : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60835-FR.pdf>
- Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A. M., Tommasi, L. R., et Borja, A. (2005) Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*, 50(6), 624-637.
- Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 59:651-681
- Muscolo, A., Panuccio, M. R., Mallamaci, C., Sidari, M. (2014) Biological indicators to assess short-term soil quality changes in forest ecosystems. *Ecological Indicators*, 45, 416–423.
- Muxika, I., Borja, A., Bonne, W. (2005) The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological indicators*, 5(1), 19-31.
- N
- Nahmani, J., Rossi, J. P. (2003). Les macroinvertébrés du sol en tant qu'indicateurs de pollution du sol par les métaux lourds. *Comptes rendus-Biologies*, 3(326), 295-303.
- Nannipieri, P., Kandeler, E., Ruggiero, P., (2002) Enzyme Activities and Microbiological and Biochemical Processes in Soil. Pp 13-45. In: Burns, R. G., and Dick, R. P. (2002) Enzymes in the environment : activity, ecology and applications. *Marvel Dekker Inc, Ed.* pp 640.
- Neto M. (2007). Scénarios de gestion de boue de dragage de cours d'eau – Rôle des bactéries dans la mobilité des polluants métalliques. Thèse soutenue le 30 Mai 2007 en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 312 pages
- Newell, N. (2013). Review: Effects of Soil Salinity on Plant Growth. *Plant Physiology*, October 1, 2013. 4pages
- Newell, R. C., Seiderer, L. J., et Hitchcock, D. R. (1998) The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology*, 36, 127–178.
- NF EN 12920+A1 (2008) Caractérisation des déchets - Méthodologie pour la détermination du comportement à la lixiviation d'un déchet dans des conditions spécifiées.
- NF EN ISO 11269-2 (2013) Qualité du sol - Détermination des effets des polluants sur la flore du sol - Partie 2 : effets des sols contaminés sur l'émergence et la croissance des végétaux supérieurs
- NF EN ISO 23611-4 (2011) Qualité du sol - Prélèvement des invertébrés du sol - Partie 4 : prélèvement, extraction et identification des nématodes du sol

- NF EN ISO 8692 (2012) Qualité de l'eau - Essai d'inhibition de la croissance des algues d'eau douce avec des algues vertes unicellulaires
- NF ISO 16303 (2014) Qualité de l'eau - Détermination de la toxicité des sédiments d'eau douce vis-à-vis de *Hyaletta azteca*
- NF T 90-354 (2007) Qualité de l'eau : Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). 70 p.
- NF T90-338-1 (2010) Qualité de l'eau - Détermination de la toxicité des sédiments d'eaux douces vis-à-vis de *Hyaletta azteca* - Partie 1 : sédiments naturels
- NF T90-339-1 (2010) Qualité de l'eau - Détermination de la toxicité des sédiments d'eau douce vis-à-vis de *Chironomus riparius* - Partie 1 : sédiments naturels
- NF T90-344, (2004) Qualité de l'eau – Détermination de l'indice poissons rivières (IPR)
- NF T90-390 (2002) Qualité de l'eau - Détermination de l'indice oligochètes de bioindication des sédiments (IOBS)
- NF T90-395 (2003). Qualité de l'eau - Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR).
- Nguyen, C.T. (2012). Identification et caractérisation d'un canal chlorure, AtCLCg, impliqué dans la réponse au stress salin chez *Arabidopsis thaliana*. Thèse soutenue le 19 Octobre 2012 en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences du Végétal de l'Université de Paris Sud.
- Nilsson, H. C., & Rosenberg, R. (2000). Succession in marine benthic habitats and fauna in response to oxygen deficiency: analysed by sediment profile-imaging and by grab samples. *Marine ecology progress series*, 197, 139-149.
- Norrström, A.C. & Jacks, G. (1998). Concentration and fractionation of heavy metals in roadside soils receiving de-icing salts. *Science of the Total Environment* 1998 May;218:161-174

## O

- Oberdorff, T., D. Pont, B. Hugueny et J.P. Porcher, (2002). Development and validation of a fish-based index (FBI) for the assessment of rivers "health" in France. *Freshwater Biology* 47: 1720-1735
- OCDE (2004a). Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques 218: Essai de toxicité sur les chironomes dans un système eau-sédiment chargé.
- OCDE (2004b). Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques 219: Essai de toxicité sur les chironomes dans un système eau chargée-sédiment.
- OCDE (2010). Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques 233: Essai de toxicité sur le cycle de vie des chironomes dans un système eau-sédiment chargé ou eau chargée-sédiment.
- OECD (2007) OECD Guideline for the Testing of Chemicals No. 225: Sediment-Water *Lumbriculus* Toxicity Test Using Spiked Sediment (adopted October 2007). Paris, France
- OECD (2010). (Draft) Guideline for Testing of Chemicals. *Chironomus* sp., Acute Immobilisation Test.
- OECD (Organisation for economic co-operation and development) (2006) Freshwater alga and cyanobacteria, growth inhibition test, Test Guideline 201

- OECD (2012), *Essai n° 211 : Daphnia magna, essai de reproduction*, Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques, Section 2, OECD Publishing, Paris. DOI : <http://dx.doi.org/10.1787/9789264185470-fr>
- OECD. (2004) OECD Guideline for the Testing of Chemicals No. 218: Sediment-Water *Chironomid* Toxicity Test Using Spiked Sediment (adopted April 2004). Paris, France
- OECD. (2010). OECD Guideline for the Testing of Chemicals No. 233: Sediment-Water Chironomid Life-Cycle Toxicity Test Using Spiked Water or Spiked Sediment (adopted July 2010). Paris, France tests
- OFRIIR (2016). Observatoire Français du Recyclage dans les Infrastructures Routières / sédiments de dragage / (Consulté en ligne le 10/05/16 <http://ofrir2.ifsittar.fr/materiaux/categories-de-materiaux/materiaux-hors-specifications/sediment-de-dragage/chantiers-emplois-repertoires/>)
- ONEMA (2006) Indice Poisson Rivière, *Notice de présentation et utilisation*. 24 p  
[http://www.onema.fr/IMG/pdf/IPR\\_Onema.pdf](http://www.onema.fr/IMG/pdf/IPR_Onema.pdf)
- ONEMA 2011 « *Comité de suivi des PCB* » 19 Janvier 2011
- Orfanidis S., Panayotidis P. Stamatis N., (2001) Ecological Evaluation of transitional and coastal waters : a marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Research* 2 : 45-65.
- Orfanidis S., Panayotidis P. Stamatis N., (2003) An insight to the Ecological Evaluation Index. *Ecological Indicators* 3 : 27-33.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P., Uglund, K. (2011). Ecological Evaluation Index continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. *Mediterranean Marine Science*, 12(1), 199-232.
- Orlando-Bonaca, M., Lipej, L., Orfanidis, S. (2008). Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: the case of Slovenian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 56(4), 666-676.
- OsPar, (1994) Parcom final report of the results of the parcom sediment reworker ring test workshop, La Hague, December 1993. GOP/18/4/4-E. Paris Commission - Group on O.P. Pollution.
- OsPar, (1995) Parcom protocols on methods for the testing of chemicals used in the offshore industry. Oslo and Paris Commissions, 33 p.
- Ouellette, M. H., DesGranges, J. L., Legendre, P., Borcard, D. (2005). L'arbre de régression multivariable: classification d'assemblages d'oiseaux fondée sur les caractéristiques de leur habitat. *Société Francophone de Classification, Montréal*.

## P

- Padox J-M., Hennebert P. (2010a). Qualité chimique des sédiments fluviaux en France Synthèse des bases de données disponibles. *INERIS*, Rapport d'étude 03/06/2010 n° INERIS-DRC-10-105335-04971A)
- Padox J-M., Hennebert P. (2010b). Qualité chimique des sédiments marins en France : Synthèse de données disponibles. *INERIS*, Rapport d'étude 02/11/2010 n° INERIS-DRC-10-105335-11618A
- Pandard, P., Devillers, J., Charissou, A. M., Poulsen, V., Jourdain, M. J., Férard, J. F., ... Bispo, A. (2006) Selecting a battery of bioassays for ecotoxicological characterization of wastes. *Science of the Total Environment*, 363(1-3), 114–125. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.12.016>

- Panfili F. (2004). Etude de l'évolution de la spéciation du zinc dans la phase solide d'un sédiment de curage contaminé, induit par phyto-stabilisation. Thèse soutenue le 09 Juin 2004 en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Provence-Aix-Marseille 1 (spécialité géochimie de l'environnement), 227 pages
- Paoletti, M.G. (1999) Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems et Environnement*, 74(1-3), 1–18.
- Paoletti, M.G. & Bressan, M. (1996). Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 15(1), 21–62.
- Parkinson, D., and Coleman, D.C. (1991) Methods for assessing soil microbial populations, activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 34, 3–33.
- Parrella, A., Lavorgna, M., Criscuolo, E., Russo, C., Fiumano, V., et Isidori, M. (2014) Acute and chronic toxicity of six anticancer drugs on rotifers and crustaceans. *Chemosphere*, 115, 59-66.
- Pas, O. (2012) Point d'information autour du décret du 30/04/2012 relatif à la sortie du statut de déchet. Note de synthèse *Congrès éco-technologies pour le futur, Lille Grand Palais – Atelier sédiments – 13 juin 2012*.
- Pascal, M., Mathieur, A., Daniau, C. et Lucas, N. (2008). Grille de lecture échantillonnage et analyse des sols pollués. *Projet inter-Cire sur les sites et sols pollués*. In VS Santé environnement. 28p.
- Passatore, L., Rossetti, S., Juwarkar, A.A., Massacci, A. (2014). Phytoremediation and bioremediation of polychlorinated biphenyls (PCBs): state of knowledge and research perspectives. *Journal of hazardous materials*. August 2014;278:189-202. [doi:10.1016/j.jhazmat.2014.05.051](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.05.051)
- Pernin, C., Ambrosi, J.-P., Cortet, J., Joffre, R., Petit, J., Tabone, E., ... Krogh, P. H. (2005) Effects of sewage sludge and copper enrichment on both soil mesofauna community and decomposition of oak leaves (*Quercus suber*) in a mesocosm. *Biology and Fertility of Soils*, 43(1), 39–50. <http://doi.org/10.1007/s00374-005-0059-0>
- Perrodin, Y. (2012). Évaluation des risques écologiques : développements prioritaires et recherches concomitantes. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Débats et Perspectives, mis en ligne le 20 juin 2012, consulté le 16 juin 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/12097> ; DOI : 10.4000/vertigo.12097
- Perrodin, Y., Babut, M., Bedell, J.-P., Bray, M., Clement, B., Delolme, C., ... Montuelle, B. (2006) Assessment of ecotoxicological risks related to depositing dredged materials from canals in northern France on soil. *Environment International*, 32(6), 804–14. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.003>
- Perrodin, Y., Donguy, G., Pandard, P. et Andres, S. (). Guide méthodologique pour l'évaluation des risques écologiques liés à la restauration de carrières de la zone littorale à l'aide de sédiments de dragage portuaires prétraités – Tome 1. *Programme ANR « Sedigest »*. 64 pages.
- Pétinay, S., Chataigner, C., et Basuyaux, O. (2009) Standardisation du développement larvaire de l'oursin, *Paracentrotus lividus*, pour l'évaluation de la qualité d'une eau de mer. *Comptes Rendus Biologies*, 332(12), 1104-1114.
- Pey, B., Cortet, J., Watteau, F., Cheynier, K., & Schwartz, C. (2013). Structure of earthworm burrows related to organic matter of a constructed Technosol. *Geoderma*, 202-203(April 2016), 103–111. <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.03.010>
- Philippot, L., Ritz, K., Pandard, P., Hallin, S., Martin-Laurent, F. (2012) Standardisation of methods in soil microbiology: Progress and challenges. *FEMS Microbiology Ecology*, 82, 1–10.

- Phipps, G. L., Ankley, G. T., Benoit, D. A., et Mattson, V. R. (1993) Use of the aquatic oligochaete *Lumbriculus variegatus* for assessing the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(2), 269-279.
- Phytotoxkit (2004) Seed germination and early growth microbiotest with higher plants. Standard operation procedure. MicroBio- Tests, Nazareth, Belgium, pp 1–24
- Picone, M., Bergamin, M., Losso, C., Delaney, E., Arizzi Novelli, A., et Ghirardini, A. V. (2016) Assessment of sediment toxicity in the Lagoon of Venice (Italy) using a multi-species set of bioassays. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 123, 32–44. <http://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.002>
- Piesschaert, F., Mertens, J., Huybrechts, W., et Rache, P. De. (2005) Early vegetation succession and management options on a brackish sediment dike. *Ecological Engineering*, 25(4), 349–364. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.06.004>
- Piou S., Bataillard P., Laboudigue A. *et al.* (2009). Changes in the geochemistry of a Zn and Cd contaminated dredged sediment over time after land disposal. *Environment Research* August 2009;109(6):712-720
- PNR. (2015). Reconquête paysagère de la Boucle d'Anneville. Fédération Des Parcs Naturels Régionaux de France, 1–5. Retrieved from [www.parcs-naturels-r?gionaux.tm.fr](http://www.parcs-naturels-r?gionaux.tm.fr)
- Podani, J., Csányi, B. (2010) Detecting indicator species: some extensions of the IndVal measure. *Ecological Indicators*, 10(6), 1119-1124.
- Posey, M.H., Alphin, T.D., Powell, C.M., (1997) Plant and infaunal communities associated with a created marsh. *Estuaries* 20, 42–47.
- Prieto Montes, M., Mondy, C., Usseglio Polatera, P. (2012) Le nouvel indice I2M2. Indice Invertébrés Multimétrique. Changement de la méthode d'évaluation des cours d'eau. 2 p <http://www.documentation.eaufrance.fr/notice/le-nouvel-indice-i2m2-indice-invertebres-multimetrique-changement-de-la-methode-d-evaluation-des-cou0>
- Primack, Sarrazin, & Lecomte. (2012). *Biologie de la conservation*. Dunod éd., Paris., 360 p
- Prokop Z., Vangheluwe M.L., Van Sprang P.A. *et al.* (2003). Mobility and toxicity of metals in sandy sediments deposited on land. *Ecotoxicology and Environment Safety* January 2003;54(1):65-73
- PROVADEMSE (2014). Choix du mode de gestion du sédiment lié au statut de déchet – approche substance. *Journées Nationales Sédiments*, Juin 2014
- Prygiel J. et Coste M. (2000). Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomique (NF T 90-354), 134p.
- Prygiel, J., Carpentier, P., Almeida, S., Coste, M., Druart, J. C., Ector, L., ... et Lalanne-Cassou, C. (2002) Determination of the biological diatom index (IBD NF T 90–354): results of an intercomparison exercise. *Journal of Applied Phycology*, 14(1), 27-39.

## Q

- Quiniou, F., (2004) Impacts des dragages sur l'environnement littoral de la prévision au suivi, JST : 259 – 264.

Quiniou, F., Alzieu, C. (1999) Chapitre VII : Analyse des risques chimiques appliquée aux dragages 129-151 in Alzieu, C. (1999). Dragages et environnement marin : Etat des connaissances. IFREMER, 225 pp.

## R

Raisuddin, S., Kwok, K. W. H., Leung, K. M. Y., Schlenk, D., et Lee, J.-S. (2007). The copepod *Tigriopus*: A promising marine model organism for ecotoxicology and environmental genomics. *Aquatic Toxicology*, 83(3), 161–173. <http://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.04.005>

Ramade, F. (2007) Introduction à l'écotoxicologie : Fondements et applications; *Lavoisier*, 618 p.

Ramade, F. (2008) *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Dunod. 737 pp.

Ramade F. (2012) Eléments d'écologie. Ecologie appliquée : Action de l'Homme sur la biosphère. *Dunod*, pp 791.

Ramaroson J. (2008). Calcination des sédiments de dragage contaminés : études des propriétés physico-chimiques. Thèse soutenue devant l'Institut National des Sciences Appliquées le 13 Mars 2008 pour l'obtention du grade de Docteur, 181 pages

Ramírez-Pérez, T., Sarma, S. S. S., et Nandini, S. (2004) Effects of mercury on the life table demography of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera). *Ecotoxicology*, 13(6), 535-544.

Ran Y., Sun K., Ma X. *et al.* (2007). Effect of condensed organic matter on solvent extraction and aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and sediments. *Environment Pollution* July 2007;148(2):529-538

Rasseneur X. (2013). Ty Cog, Guide des réalisations, Guide de réalisation thématique Travaux de Recherches et Développement sur la gestion terrestre des sédiments marins non immergeables, *CAP sédiment* , 36 p.

Ray, G.L., (2000) Infaunal assemblages on constructed intertidal mudflats at Jonesport, Maine (USA). *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1186–1200.

Rebischung, F., & Hennebert, P. (2016). Classification réglementaire des déchets – Guide d'application pour la caractérisation en dangerosité. *INERIS*, Rapport d'étude 04/02/2016 n°INERIS-DRC-15-149793-06416A. 288 pages

RECORD, (2006) Evaluation et acceptabilité des risques environnementaux. Méthodes d'évaluation, analyse comparative ; Etude sociologiques des représentations des risques, synthèse bibliographique, 228 p, n°04-0810//0811/1A

Règlement d'exécution (UE) n°354/2014 de la Commission du 08/04/2014 modifiant et rectifiant le règlement (CE) n°889/2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n°834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles. Paru au OJ L 106 du 09/04/2014, p.7-14.

Reyjol, Y., Spyrtos, V., et Basílico, L. (2012) Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. Perspectives en vue du 2e cycle DCE-Eaux de surface continentale. *Les Rencontres de l'ONEMA*, 55.

Riedhammer C et Schwarz-Schulz B. (2001) The newly proposed EU risk assessment concept for the sediment compartment. *Journal of Soils and Sediments* 1:105–10

- Robinson, J. E., Newell, R. C., Seiderer, L. J., et Simpson, N. M. (2005) Impacts of aggregate dredging on sediment composition and associated benthic fauna at an offshore dredge site in the southern North Sea. *Marine Environmental Research*, 60(1), 51–68. <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.09.001>
- Rodgher, S., Espíndola, E.L.G., Simões, F.C.F., Tonietto, A.E. (2012) Cadmium and chromium toxicity to *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Microcystis aeruginosa*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(1), 161-169.
- Röper H. & Netzband A. (2011) Assessment Criteria for Dredged Material with special focus on the North Sea Region Disponible depuis le site SEDNET <http://sednet.org/dgc-cotner/>
- Rossi, J. P., Franc, A., Rousseau, G. X. (2009) Indicating soil quality and the GISQ. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(2), 444–445. <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.10.004>
- Rossiter, D. G. (2006). Proposal for a new reference group for the World Reference Base for Soil Resources ( WRB ) 2006 : the Technosols 2 nd revised draft. Working Group on Technosols WRB, 16 p.
- Rüdel, H. (2003). Case study: bioavailability of tin and tin compounds. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56, (1), 180-189
- Ruiz N. (2004) Mise au point d'un système de bioindication de la qualité du sol basé sur l'étude des peuplements de macro-invertébrés. Thèse de doctorat de l'Université Paris 6, Spécialité science de la vie, 14 septembre 2004, Bondy : 327 p.
- Ruiz N., et Velasquez E, Lavelle P. (2008) Vers la mise au point et l'application d'indicateurs synthétiques de la qualité des sols. Congrès annuel 2008 Sol, Société et politique. 7et 8. février 2008, Université de Neuchâtel, France. 71 p.
- Ruiz Camacho, N., Velasquez, E., Pando, A., Decaëns, T., Dubs, F., Lavelle, P., (2009). Indicateurs synthétiques de la qualité du sol. *Etude et Gestion Des Sols* 16, 323–338.
- Ruiz, N., Mathieu, J., Celini, L., Rollard, C., Hommay, G., Iorio, E., Lavelle, P. (2011) IBQS : A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 2032-2045.
- Ruiz-Camacho N. (2010). Transfert sol – macrofaune du sol. In ADEME, 2010. Complémentarité des approches physico-chimiques et biologiques pour caractériser des sols contaminés par des ETM sur six parcelles du secteur de Métaleurop. 103 p.
- Rusch B. (2010). Étude spectroscopique en conditions hydrodynamiques contrôlées du transfert des espèces organiques à l'interface minéral/solution. Thèse soutenue le 12 Mars 2010 pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Nancy 1 (spécialité chimie et physico-chimie moléculaires), 283 pages

## S

- Samson, S. (2013). Contexte, origines et principe de l'expérimentation : Le contexte de la gestion des sédiments de dragage. Réponse éco-responsable et durable en vallée de Seine, l'expérimentation de la ballastière d'Yville-sur-Seine, *Acte du séminaire « Quel devenir pour les sédiments de dragage », 23 mai 2013 Port de Rouen*, 6-7.
- Sannier, L., Tivolle, I., Mehu, J., & Aqua, J.-L. (2013). Guide des réalisations : SEDIMARD 83. *Cap Sediment*, 1–57.

- Santorufò, L., Van Gestel, C.A.M., Rocco, A., Maisto, G. (2012) Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environmental Pollution*, 161, 57–63.
- Sarda', R., Pinedo, S., Gremare, A., and Taboada, S. (2000). Changes in the dynamics of shallow sandy-bottom assemblages due to sand extraction in the Catalan Western Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1446-1453.
- Sardinha, M., Müller, T., Schmeisky, H., & Joergensen, R. G. (2003). Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. *Applied Soil Ecology*, 23(3), 237–244. [http://doi.org/10.1016/S0929-1393\(03\)00027-1](http://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00027-1)
- Sasaki, A., Ito, A., Aizawa, J., et Umita, T. (2005). Influence of water and sediment quality on benthic biota in an acidified river. *Water Research*, 39, 2517–2526. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.047>
- Schaefer, M. (2003) Behavioural endpoints in earthworm ecotoxicology. *Journal of Soils and Sediments*, 3(2), 79-84.
- Schaefer, M. (2004). Assessing 2, 4, 6-trinitrotoluene (TNT)-contaminated soil using three different earthworm test methods. *Ecotoxicology and environmental safety*, 57(1), 74-80.
- Schiavone S. & Coquery M. (2009). Analyse comparative et critique des documents guides ou normes pour le prélèvement des sédiments en milieu continental. *Convention de partenariat ONEMA - CEMAGREF*, Juin 2009
- Schiavone S. & M. Coquery M. (2011). Guide d'échantillonnage et de prétraitement des sédiments en milieu continental pour les analyses physico-chimiques de la DCE. *AQUAREF et CEMAGREF*, Avril 2011
- Schipper, C. a., Rietjens, I. M. C. M., Burgess, R. M., Murk, a. J. (2010). Application of bioassays in toxicological hazard, risk and impact assessments of dredged sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11), 2026–2042. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.018>
- Schlekat, C.E., Scott, K.J., Swartz, R.C., Albrecht, B., Antrim, L., Doe, K., Douglas, S., Ferretti, J.A., Hansen, D.J., Moore, D.W., Mueller, C., Tang, A., (1995). Interlaboratory comparison of a 10-day sediment toxicity test method using *Ampelisca abdita*, *Eobau-storius estuarius* and *Leptocheirus plumulosus*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14(12), 2163–2174.
- Schlöter, M., Dilly, O., Munch, J. (2003). Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 98(1-3), 255–262.
- Schneider G.(). Le curage des sédiments des cours d'eau, sur le courrier de l'environnement de l'INRA. Consulté le 25/04/2016. Disponible sur le lien suivant : <http://www7.inra.fr/dpenv/curage.htm#grille>
- Schnurer, J. & Rosswall, T. (1982). Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology*, 43, 1256-61.
- Schoenholtz, S. ., Miegroet, H. V., Burger, J. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3), 335–356.
- Schratzberger, M., Bolam, S.G., Whomersley, P., Warr, K., et Rees, H.L. (2004). Development of a meiobenthic nematode community following the intertidal placement of various types of sediment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 303(1), 79–96. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.11.003>
- Scordia P-Y. (2008). Caractérisation et valorisation des sédiments fluviaux pollués et traités dans les matériaux routiers. Thèse soutenue le 16 Octobre 2008 pour l'obtention du grade de Docteur, délivrée par l'Ecole Centrale de Lille, 201 pages

- Seastedt T.R. (1984). The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, 29: 25-46.
- Seby F., Benoit-Bonnemason C., Terrier E., *et al.* (2009). Etude de l'évolution des formes chimiques des métaux dans des sédiments marins dragués stockés à terre. *Revue Paralia* Novembre 2009;2:3.1-3.12
- SEDIGEST <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-07-ECOT-0012>
- SEDILAB. (2011). Journées nationales des sédiments- synthèse. Congrès European Eco-Technologies Pour Le Futur - *Journées Nationales Sédiments 8 et 9 Juin 2011*, 28 p.
- Sedimatériaux <http://www.cd2e.com/recyclage-valorisation/projet-sedimateriaux>
- Séré, G. (2007). Fonctionnement et évolution pédogénétique de Technosols issus d'un procédé de construction de sol. *Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine*, 228,p
- Séré, G., Schwartz, C., Ouvrard, S., Renat, J. C., Watteau, F., Villemin, G., & Morel, J. L. (2010). Early pedogenic evolution of constructed Technosols. *Journal of Soils and Sediments*, 10(7), 1246–1254. <http://doi.org/10.1007/s11368-010-0206-6>
- SETRA (2011). L'impact des fondants routiers sur l'environnement. Etat des connaissances et pistes d'action. Note d'information. Mars 2011. 25 pages.
- Shafer, D. J., & Streever, W. J. (2000). A comparison of 28 natural and dredged material salt marshes in Texas with an emphasis on geomorphological variables. *Wetlands Ecology and Management*, 8, 353–366. <http://doi.org/10.1023/A:1008491421739>
- Sheehan, C., & Harrington, J. (2012). Management of dredge material in the Republic of Ireland - A review. *Waste Management* (New York, N.Y.), 32(5), 1031–1044. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.11.014>
- Sheehan, C., Harrington, J., & Murphy, J. D. (2010). A technical assessment of topsoil production from dredged material. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1377–1385. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.05.012>
- Shrivastava, P. & Kumar, R. (2014). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi J Biol Sci.* 2015 Mar;22(2):123–131. Published online 2014 Dec 9. doi: 10.1016/j.sjbs.2014.12.001
- SIBA Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (). « *La valorisation des sédiments de dragage* » <http://www.siba-bassin-arcachon.fr/nos-competences/le-pole-maritime/valorisation-des-sediments-de-dragage>
- Siham, K., Fabrice, B., Nor, A., & Patrick, D. (2008). Marine dredged sediments as new materials resource for road construction, 28, 919–928. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.03.027>
- Silitonga E. (2010). Valorisation des sédiments marins contaminés par solidification/stabilisation à base de liants hydrauliques et de fumée de silice. *Thèse de doctorat, Université de Caen Basse-Normandie*, 229 p.
- Silva, A., Figueiredo, S. A., Sales, M. G., & Delerue-Matos, C. (2009) Ecotoxicity tests using the green algae *Chlorella vulgaris*—A useful tool in hazardous effluents management. *Journal of hazardous materials*, 167(1), 179-185.
- Silva, P.V., Silva, A.R.R., Mendo, S., Loureiro, S. (2014). Toxicity of tributyltin (TBT) to terrestrial organisms and its species sensitivity distribution. *Science of The Total Environment*, 1 January 2014;466-467:1037–1046. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.08.002

- Simonson, R. W. (1959). Modern concepts of soil genesis - A Symposium- Outline of a generalized theory of soil genesis. *Soil Science Society Proceedings*, 23(2), 152–156.  
<http://doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300020021x>
- Simpson, B. S. L., Batley, G. E., Chariton, A. a, Stauber, J. L., King, C. K., Chapman, J. C., ... Simpson, S. L. (2005). Handbook for Sediment Quality Assessment Quality Assessment. Centre for Environmental Contaminants Research (Environmen). CSIRO : Bangir, NSW. Retrieved from <http://www.csiro.au/files/files/p8m1.pdf>
- Sinsabough, R.L., Carreiro, M.M., Alvarez, S. (2002). Enzyme and Microbial Dynamics of Litter Decomposition. pp 257-273. *In*: Burns, R. G., and Dick, R. P. (2002) Enzymes in the environment: activity, ecology and applications. *Marcel Dekker Inc, Ed.* pp 640.
- SITA Nord, & Doublet. (2014). SITA et doublet pour développer la solution innovante et écologique C'URBAN. *Dossier de Presse SITA*, 18 p.
- Smith K.E., Schwab A.P. et Banks M.K. (2008). Dissipation of PAHs in saturated, dredged sediments : a field trial. *Chemosphere* August 2008;72(10):1614-1619
- Solomon, K.R., Sibley, P., (2002). New concepts in ecological risk assessment: where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin* 44, 279–285. doi:Pii S0025-326x(01)00252-1\rDoi 10.1016/S0025-326x(01)00252-1
- Solomon KR, Brock TCM, de Zwart D, et al... (2008) Extrapolation Practice for Ecotoxicological Effect Characterization of Chemicals. CRC Press, New York, NY, USA
- SOVASOL. (2012). Résumé non technique - Dossier de demande d'autorisation d'exploiter une installation classée pour la protection de l'environnement-Commune du Teich, 1–28.
- Stauffer, M., Leyval, C., Brun, J.-J., Lepotier, P., Berthelin, J. (2014). Effect of willow short rotation coppice on soil properties after three years of growth as compared to forest, grassland and arable land uses. *Plant and Soil*, 377(1-2), 423–438.
- Stone, D., Costa, D., Daniell, T. J., Mitchell, S. M., Topp, C. F. E., & Griffiths, B. S. (2016). Using nematode communities to test a European scale soil biological monitoring programme for policy development. *Applied Soil Ecology*, 97, 78-85.
- Strand, J. & Jacobsen, J.A. (2005). Accumulation and trophic transfer of organotins in a marine food web from the Danish coastal waters. *Science of the Total Environment* November 2005;350(1-3):72–85.  
[doi:10.1016/j.scitotenv.2005.02.039](http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.02.039)
- Streever, W.J., (2000). *Spartina alterniflora* marshes on dredged material: a critical review of the ongoing debate over success. *Wetlands Ecology and Management* 8, 295–316.
- Stronkhorst, J., Schipper, C., Brils, J., Dubbeldam, M., Postma, J., van de Hoeven, N. (2003). Using marine bioassays to classify the toxicity of Dutch harbor sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry / SETAC*, 22(7), 1535–1547. [http://doi.org/10.1897/1551-5028\(2003\)22<1535:UMBTCT>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1897/1551-5028(2003)22<1535:UMBTCT>2.0.CO;2)
- Stronkhorst J. & van Hattum B. (2003). Contaminants of Concern in Dutch Marine Harbor Sediment. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45;306-316. DOI:10.1007/s00244-003-0191-5
- Sturgis, T.C, Lee, C.R, and Banks, H.C, Jr. (2001a). Evaluation of Toledo Harbor Dredged Material for Manufactured Soil, Phase 1: Greenhouse Bench-Scale Test, Technical Report ERDC/EL TR-01- 25,U.S. Army Engineer Research and Development Center, 31 p. *In*: Anger, B. (2014). Caractérisation des sédiments fins de retenues hydroélectriques en vue d'une orientation vers des filières de valorisation matière. *Thèse de doctorat, Génie-civil, Université de Caen Basse-Normandie*, 316 p.

- Suter II, G.W., (2001). Applicability of indicator monitoring to ecological risk assessment. *Ecological Indicators* 1, 101–112.
- Swartz, R.C., Cole, F.A., Lamberson, J.O., Ferraro, S.P., Schults, D.W., DeBen, W.A., Lee, H.I., Ozretich, R.J., (1994). Sediment toxicity, contamination and amphipod abundance at a DDT and dieldrin contaminated site in San Francisco Bay. *Environmental Toxicology and Chemistry* 13, 949–962 in Chapman, P. M., Ho, K. T., Munns, W. R., Solomon, K., et Weinstein, M. P. (2002). Issues in sediment toxicity and ecological risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 44(4), 271–8. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00329-0](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00329-0)
- Système d'information sur l'Eau (SIE), (2013). Recommandations relatives aux travaux et opérations impliquant des sédiments aquatiques potentiellement contaminés. *L'eau dans le bassin Rhône Méditerranée* V2.0 Septembre 2013 Annexes. Disponible sur le lien suivant : [http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/PCB/sediments/Recommandations-sediments-V2-0d\\_port.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/PCB/sediments/Recommandations-sediments-V2-0d_port.pdf)

## T

- Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M. (1972) Assay of urease activity in soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 4, 479–487.
- Tack, FMG., Callewaert, OWJJ. et Verloo, MG. (1996). Metal solubility as a function of pH in a contaminated, dredged sediment affected by oxidation. *Environmental Pollution* 1996;91(2):199-208
- Tack, FMG., Singh, SP. et Verloo MG. (1999). Leaching behaviour of Cd, Cu and Zn in surface soils derived from dredged sediments. *Environmental Pollution* July 1999;106(1):107-114
- Tack, FMG. & B. Vandecasteele, B. (2008). Cycling and ecosystem impacts of metals in contaminated calcareous dredged sediment-derived soils (Flanders- Belgium). *Science of the Total Environment* 1<sup>st</sup> August 2008;400(1-3):283-289
- Tait, R., et Dipper, F. (1998) Elements of marine ecology - Fourth edition :The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference. . *Butterworth Heinemann, Ed.* 432 p. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tauw Environnement, & Ophrys. (2001). Guide méthodologique de caractérisation des sédiments. Projet de curage surveillance des sédiments, 409 p.
- Thanh TN. (2009). Valorisation de sédiments marins et fluviaux en techniques routière. Thèse soutenue le 16 Février 2009 pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université d'Artois (spécialité Génie Civil), 225 pages
- Thibaud, J-M., & D'Haese, C.A. (2010). Le petit collembole illustré. *Arvernis*. pp. 56.
- Thybaud, E. (1998). Les tests d'écotoxicité terrestre. In *Séminaire National sur l'Ecotoxicologie des sols et des déchets* (pp. 46-56).
- Tiedje, J.M., Quensen, J.F.I., Chee-Sanford, J. (1993). Microbial reductive dechlorination of PCB. *Biodegradation*, 4, 231-240
- Tiffreau, C., & Laboudigue, A. (1997). Problématique des sédiments toxiques: impact sur un sol non pollué du dépôt de sédiments contaminés. *Centre National de Recherche Sur Les Sites et Sols Pollués (CNRS/SP)*, 36 p.
- Torrisi, M., Rimet, F., Cauchie, H. M., Hoffmann, L., et Ector, L. (2006). Bioindication by epilithic and epiphytic diatoms in the Sure River (Luxembourg). *Belgian Journal of Botany*, 139(1), 39-48.

Truscott, A. M., Palmer, S. C. F., McGowan, G. M., Cape, J. N., & Smart, S. (2005). Vegetation composition of roadside verges in Scotland: The effects of nitrogen deposition, disturbance and management. *Environmental Pollution*, 136(1), 109–118. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.12.009>

## U

USAN. (2011). Résumé non technique Evaluation d'Incidences sur l'Environnement [ Réhabilitation écologique du canal d' Hazebrouck], 17 p.

United States Environmental Protection Agency (USEPA), (2000). Methods for Measuring the Toxicity and Bioaccumulation of Sediment-associated Contaminants with Freshwater Invertebrates. *Environmental Protection*, 192. <http://doi.org/EPA 600/R-94/024>

USEPA (US Environmental Protection Agency) (2000) Methods for Measuring the Toxicity and Bioaccumulation of Sediment-Associated Contaminants with Freshwater Invertebrates, 2nd edit. EPA 600/R-99/064. Duluth, MN, USA

## V

Van Beelen P. (2003). A review on the application of microbial toxicity tests for deriving sediment quality guidelines. *Chemosphere* 53:795–808

Van Dalen J.A., Essink K., Toxvig Madsen H., Birklund J., Romero J., Manzanera M. (2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 57, pp 1439-1445

Van Dalen, J. A., et Essink, K. (2001). Benthic community response to sand dredging and shoreface nourishment in Dutch coastal waters. *Senckenbergiana Maritima*, 31: 329-332.

Van Paassen, L. (2012). Note de synthèse – Congrès des éco-technologies pour le futur, *Atelier sédiments Lille Grand Palais, juin 2012*, 5-6.

Vandecasteele, B., De Vos, B., Muys, B., Tack, F.M.G., (2005). Rates of forest floor decomposition and soil forming processes as indicators of forest ecosystem functioning on a polluted dredged sediment landfill. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 761–769. doi:10.1016/j.soilbio.2004.10.006

Vansimaey C. (2011). Comportement à long terme de dépôts de sédiments de curage – Approche mécanistique du transfert de métaux en milieu poreux non saturé. Thèse soutenue le 07 Juillet 2011 pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université des Sciences et Technologie de Lille 1, délivré conjointement par l'Ecole des Mines de Douai (spécialité Géosciences, Ecologie, Paléontologie, Océanographie), 215 pages

Vašíčková, J., Kalábová, T., Komprdová, K., Priessnitz, J., Dymák, M., Lána, J., ... Hofman, J. (2013). Comparison of approaches towards ecotoxicity evaluation for the application of dredged sediment on soil. *Journal of Soils and Sediments*, 13, 906–915. <http://doi.org/10.1007/s11368-013-0670-x>

Velasquez, E., Lavelle, P., Andrade, M. (2007). GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(12), 3066–3080. <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.06.013>

Verneaux J. et Tuffery G. (1967). Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques. *Ann. Sc. Univ. Besançon* 3 : 79-89

Vernus E., Méhu J., Bonnet J., Bergeron A. (2013). Filières de gestion à terre, guide thématique -Travaux de Recherches et Développement sur la gestion terrestre des sédiments marins non immergeables, *CAP Sédiment*, 44 p

Villeneuve, C., Jimenez, A., Guernion, M., Péres, G., Cluzeau, D., Mateille, T., ... et Tavoillot, J. (2013). Nematodes for soil quality monitoring: results from the RMQS BioDiv programme. *Open Journal of Soil Science*, 3, 30-45.

Volchko, Y., Normman, J., Rosen, L., Norberg, T. (2014). A minimum data set for evaluating the ecological soil functions in remediation projects. *Journal of Soils and Sediments*, 14(11), 1850–1860.

## W

Walker, C. H., Sibly, R. M., Hopkin, S. P., et Peakall, D. B. (2012). *Principles of ecotoxicology*. CRC press. 326 pp

Walter, C., Chaussod, R., Cluzeau, D., Curmi, P., Hallaire, V., (2002). Caractérisation, déterminisme et surveillance de la qualité des sols en milieux limoneux acides. *Rapport Final Programme de Recherche GESSOL, Fonctions environnementales des sols*. pp 177.

Weete JD, Abril M, Blackwell M. (2010). Phylogenetic distribution of fungal sterols. *PLoS One*. 28; 5(5): e10899-e10905.

Weltje L, Ruffli H, Heimbach F, Wheeler J, Vervliet-Scheebaum M, Hamer M (2010). The chironomid acute toxicity test: Development of a new test system. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 6:301-307.

World Health Organization (WHO), (1990). International Programme on Chemical Safety – Environmental Health Criteria 116, Tributyltin compounds [en ligne]  
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc116.htm>

Wichern, J., Wichern, F., & Joergensen, R. G. (2006). Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma*, 137(1-2), 100–108.  
<http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.08.001>

Wick AF., Haws NW., Sukkariyah BF. *et al.* (2011). Remediation of PAH-contaminated soils and sediments : a literature review. *Department of Crop and Soil Environment Sciences*, Internal Research Document 102 pages

Williams, K.A., Green, D.W., Pascoe, D., Gower, D.E. (1986). The acute toxicity of cadmium to different larval stages of *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) and its ecological significance for pollution regulation. *Oecologia*, 70(3), 362-366.

Winding, A., Hund-Rink, K., Rutgers, M., (2005). The use of microorganisms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62, 230–248

## X

Xiao, N., Jing, B., Ge, F., et Liu, X. (2006). The fate of herbicide acetochlor and its toxicity to *Eisenia fetida* under laboratory conditions. *Chemosphere*, 62(8), 1366-1373.

XP T90-333 (2009): Prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes.

XP T90-388 (2010): Qualité de l'eau - Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau

## Y

Yi, A. X., Han, J., Lee, J. S., et Leung, K. M. (2014) Ecotoxicity of triphenyltin on the marine copepod *Tigriopus japonicus* at various biological organisations: from molecular to population-level effects. *Ecotoxicology*, 23(7), 1314-1325.

## Z

- Zantua, M. I., and Bremner, M. (1977) Stability of urease in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 9, 135–140.
- Zanuzzi, A., Arocena, J. M., van Mourik, J. M., & Faz Cano, A. (2009). Amendments with organic and industrial wastes stimulate soil formation in mine tailings as revealed by micromorphology. *Geoderma*, 154(1-2), 69–75. <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.09.014>
- Zarrelli, A., DellaGreca, M., Iesce, M. R., Lavorgna, M., Temussi, F., Schiavone, L., ...Isidori, M. (2014) Ecotoxicological evaluation of caffeine and its derivatives from a simulated chlorination step. *Science of The Total Environment*, 470, 453-458.
- Zentar R., Abriak NE., Dubois V. et Miraoui M. (2009). Beneficial use of dredged sediments in public works. *Environmental Technology* July 2009;30(8):841-847
- Zhao, X.R., Lin, Q., Brookes, P.C. (2005) Does soil ergosterol concentration provide a reliable estimate of soil fungal biomass? *Soil Biology and Biochemistry*, 37(2), 311–317.
- Zoumis T., Schmidt A., Grigorova L. et Calmano W. (2001). Contaminants in sediments: remobilisation and demobilisation. *Science of Total Environment* 5 February 2001;266(1-3):195-202

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE SOUMIS EN LIGNE VIA « GOOGLE FORM »

[https://www.google.com/intl/fr\\_fr/forms/about/](https://www.google.com/intl/fr_fr/forms/about/)

**" Impact écologique de sédiments pollués extraits et déposés en milieux terrestres "**

Ce questionnaire s'inscrit dans le cadre d'une étude sur l'impact écologique de sédiments pollués extraits et déposés en milieux terrestres réalisée par le Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques (EA4483 /ILIS) de l'Université de Lille Droit et Santé avec le soutien de l'association RECORD (<http://www.record-net.org/etudes-en-cours/en-savoir-plus/192>). Il vous prendra environ 15 minutes.

**1. Question 1 : Avez-vous un retour d'expérience sur des projets de valorisation ou de gestion à terre des sédiments ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui    *Passez à la question 2.*  
 Non    *Passez à la question 3.*

*Passez à la question 3.*

**2. Question 1 - a : Dans quel cadre y avez-vous participé ?**

*Une seule réponse possible.*

- Maître d'oeuvre  
 Suivi de projet  
 Expertise scientifique  
 Opérateur  
 Autre : .....

*Passez à la question 3.*

**3. Question 2 : En plus de l'évaluation de la qualité physico-chimique des sédiments exigée par la réglementation\*, pensez-vous que des analyses supplémentaires sur les sédiments avant leur valorisation devraient être réalisées ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui    *Passez à la question 5.*  
 Non    *Passez à la question 4.*  
 Ne se prononce pas    *Passez à la question 10.*

---

(\* Arrêté du 14/06/2000 abrogé par l'article 27 de l'arrêté du 01/04/2008, puis Arrêté du 09/08/2006)

*Passez à la question 10.*

4. **Question 2 - a : Pourquoi pensez-vous que des analyses, essais ou protocoles supplémentaires ne sont pas pertinentes ?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*Passez à la question 10.*

5. **Question 2 - a : Pourquoi pensez-vous que des analyses, essais ou protocoles supplémentaires seraient pertinentes ?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*Passez à la question 6.*

6. **Question 2 - b : Dans le cadre d'un projet de dragage avez-vous été amené à réaliser des analyses supplémentaires ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui *Passez à la question 7.*
- Non *Passez à la question 10.*

*Passez à la question 10.*

7. **Question 2 - c : Quelles analyses physico-chimiques supplémentaires ont-elles été effectuées ? Pourquoi ?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

8. **Question 2 - d : Quels tests écotoxicologiques supplémentaires ont-ils été effectués ? Pourquoi ?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

9. **Question 2 - e : Ces tests écotoxicologiques ont été réalisés :***Plusieurs réponses possibles.*

- Sur le sédiment
- Sur l'éluat
- In situ
- Non concerné

*Passez à la question 10.*10. **Question 3 : Comment estimez-vous la qualité de la traçabilité des sédiments gérés à terre ? Avez-vous des préconisations à formuler dans ce domaine ?**

.....

.....

.....

.....

.....

*Passez à la question 11.*11. **Question 4 : D'après vous, la caractérisation des sédiments après la phase de stockage, selon la filière de valorisation envisagée, est :***Une seule réponse possible par ligne.*

	Inutile	A réaliser au cas par cas	Indispensable	Ne se prononce pas
Génie civil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BTP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aménagement paysager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remblaiement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. **Question 4 - a : Qui devrait prendre en charge cette caractérisation à l'issue de la phase de stockage ?**

.....

.....

.....

.....

.....

*Passez à la question 13.*

13. **Question 5 : Parmi ces filières de valorisation des sédiments, quelles sont celles dont vous connaissez une (ou des) réalisation(s) ?**

*Plusieurs réponses possibles.*

- Routes, pistes cyclables
- Brises-vagues
- Mobiliers urbains (à base de granulats recyclés)
- Comblement de carrières
- Rechargement de plage (lutte contre l'érosion)
- Cordon dunaire
- Merlon (dont anti-bruit)
- Butte paysagère
- Conception de terre-plein
- Mise en place de couverture d'installation de stockage de déchets
- Autre : .....

*Passez à la question 14.*

## Retour d'expérience

14. **Question 6 : Avez-vous déjà participé à un projet d'éco-modélé paysager\* conçu à partir de sédiments de dragage ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui *Passez à la question 15.*
- Non *Passez à la question 23.*

---

\* Un éco-modélé paysager est constitué de sédiments non immergeables qui peuvent être intégrés dans différents types de valorisation ayant pour objectif de modeler le paysage, dans un but soit de protection (merlon dont anti-bruit), soit d'aménagement urbain ou environnemental (cordon dunaire, butte paysagère).

*Passez à la question 23.*

## Retour d'expérience

15. **Question 6 - a : Des outils d'aide à la conception de l'éco-modélé (guide méthodologique, cahier des charges...) ont-ils été employés ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui *Passez à la question 16.*
- Non *Passez à la question 17.*
- Ne se prononce pas *Passez à la question 17.*

*Passez à la question 16.*

## Retour d'expérience

**16. Question 6 - b : Quel(s) outil(s) d'aide à la conception avez-vous utilisé ?**

.....

.....

.....

.....

.....

Passez à la question 17.

**Retour d'expérience**

A propos des caractéristiques des sédiments pour la réalisation de l'éco-modèle paysager

**17. Question 6 - c : Quelle était la nature des sédiments**

*Une seule réponse possible.*

- Sédiments marins
- Sédiments d'eau douce
- Les deux en mélange
- Ne se prononce pas

**18. Question 6 - d : Quelles fractions granulométriques ont-été utilisées ?**

*Une seule réponse possible.*

- Toutes
- Sélection de certaines
- Mélange de sédiments "entiers" et de différentes fractions
- Ne se prononce pas

**19. Question 6 - e : Quel était l'âge des sédiments ? (plusieurs réponses possibles dans le cas de mélange de sédiments)**

*Plusieurs réponses possibles.*

- Entre 0 et 6 mois inclus
- Entre 6 et 12 mois inclus
- Entre 12 et 18 mois inclus
- Entre 18 et 24 mois inclus
- Plus de 24 mois
- Ne se prononce pas

Passez à la question 20.

**Retour d'expérience**

**20. Question 6 - f : Pourquoi ces sédiments ont-ils été choisis ?**

.....

.....

.....

.....

.....

*Passez à la question 21.*

**Retour d'expérience****21. Question 6 - g : En complément des sédiments, avez-vous eu recours à d'autre(s) matériau(x) pour l'élaboration de l'éco-modèle ?**

*Plusieurs réponses possibles.*

- Non
- Remblais
- Terre végétale
- Ne se prononce pas
- Autre : .....

**22. Question 6 - h : La réalisation de l'éco-modèle paysager a été effectuée :**

*Une seule réponse possible.*

- Par dépôts de couches successives
- Par tronçon
- Ne se prononce pas
- Autre : .....

*Passez à la question 23.*

**23. Question 7 : Comment la végétalisation d'un ouvrage valorisant les sédiments devrait-elle ou a-t-elle été favorisée ?**

*Plusieurs réponses possibles.*

- Par des semis
- Par des plantations
- Par l'intervention d'un paysagiste
- Ne se prononce pas

*Passez à la question 24.*

24. **Question 8 : Selon vous, quels seraient ou sont les avantages d'un aménagement paysager ?**

Une seule réponse possible par ligne.

	Totalement d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Totalement pas d'accord	Ne se prononce pas
Financier	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vitrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acceptation des riverains	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Géotechnique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paysager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ecologique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sanitaire	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valorisation des sédiments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Passez à la question 25.

25. **Question 9 : Une fois l'aménagement réalisé, l'impact environnemental de l'écomodelé paysager devrait-il être ou a-t-il été suivi ?**

Une seule réponse possible.

- Oui    Passez à la question 26.  
 Non    Passez à la question 27.

Passez à la question 28.

26. **Question 9 - a : Pourquoi devrait-il ou a-t-il été suivi ?**

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Passez à la question 28.

27. **Question 9 - a : Pourquoi ?**

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Passez à la question 28.

28. **Question 10 : Le suivi de l'éco-modélé paysager devrait-il ou a-t-il inclus la mise en place d'aménagement(s) spécifique(s)\* ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui *Passez à la question 29.*
- Non *Passez à la question 30.*
- Ne se prononce pas *Passez à la question 30.*

---

\* Piézairs, piézomètres, inventaires écologiques, tests écotoxicologiques...

*Passez à la question 30.*

29. **Question 10 - a : Quels aménagements devraient être ou ont été inclus ?**

.....

.....

.....

.....

.....

*Passez à la question 30.*

30. **Question 11 : Pensez-vous qu'il puisse exister un risque écologique à l'issue de la valorisation paysagère de sédiments ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui *Passez à la question 31.*
- Non *Passez à la question 32.*
- Ne se prononce pas *Passez à la question 33.*

*Passez à la question 33.*

31. **Question 11 - a : Pourquoi pensez-vous qu'il puisse exister un risque écologique ? De quelle nature pourrait-il être ?**

.....

.....

.....

.....

.....

*Passez à la question 33.*

32. **Question 11 - a : Pourquoi pensez-vous qu'il ne puisse pas exister de risque écologique ?**

.....

.....

.....

.....

.....

Passez à la question 33.

### L'évaluation des Risques écologiques (éRé)

L'éRé est une démarche scientifique qui organise et analyse les données écotoxicologiques et écologiques, les hypothèses et les incertitudes. Son objectif est d'évaluer la probabilité d'apparition d'effets écologiques néfastes, effets pouvant faire suite à une contamination ou à tout autre facteur de perturbation de l'écosystème (exemple des espèces invasives). Ceux-ci sont susceptibles d'affecter plusieurs niveaux d'organisation de l'écosystème : spécifique, populationnel, communautaire et/ou écosystémique.

Sa méthodologie repose sur la formulation du problème, puis sur une analyse caractérisant les effets et les expositions afin d'estimer un risque écologique et d'évaluer les incertitudes. Ces risques calculés pour des entités cibles de l'écosystème permettent de hiérarchiser et/ou de prioriser les décisions de gestion afin de contribuer à garantir la pérennité de l'aménagement paysager effectué.

33. **Question 12 : Aviez-vous déjà entendu parler des éRé ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui
- Non

Passez à "L'évaluation des Risques écologiques (éRé)".

### L'évaluation des Risques écologiques (éRé)

### L'évaluation des Risques écologiques (éRé)

34. **Question 13 : Pouvez-vous hiérarchiser des finalités de l'éRé en fonction de vos critères d'intérêt ?**

*Une seule réponse possible par ligne.*

	1	2	3	4	5	6	7
Identifier les dangers	<input type="radio"/>						
Identifier les espèces à risque	<input type="radio"/>						
Anticiper les risques pour l'écosystème récepteur	<input type="radio"/>						
Garantir un écosystème pérenne et de qualité	<input type="radio"/>						
Optimiser les aménagements paysagers	<input type="radio"/>						
Etablir la traçabilité des contaminants au sein de l'écosystème	<input type="radio"/>						
Valoriser des sédiments selon une technique routière	<input type="radio"/>						

La valeur 1 représentant le critère le plus important et la valeur 7 le critère moins déterminant.

Passez à la question 35.

## L'évaluation des Risques écologiques (éRé)

35. **Question 14 : Un guide pour réaliser des éRé vous serait-il utile pour la valorisation des sédiments en technique paysagère ?**

*Une seule réponse possible.*

- Oui
- Non
- Ne se prononce pas

Passez à la question 36.

## Avis - commentaire

36. **Cette zone d'expression libre est destinée à recueillir votre avis général sur ce questionnaire et/ou tout autre commentaire autour de la gestion à terre des sédiments de dragage**

.....

.....

.....

.....

.....

Passez à la question 37.

## Fin du questionnaire

Nous vous remercions du temps que vous avez consacré à ce questionnaire. N'hésitez pas à transmettre le mail que vous avez reçu pour cette enquête auprès de tout contact impliqué dans les filières de valorisation à terre des sédiments.

Si vous souhaitez obtenir un retour sur le questionnaire ou être informé(e) de la mise en ligne du rapport final sur le site de RECORD ([www.record-net.org](http://www.record-net.org)), merci de compléter les champs ci dessous.

37. **Souhaite :**

*Plusieurs réponses possibles.*

- Recevoir une note synthétique des résultats de l'enquête
- Être informé(e) de la parution en ligne de l'étude

38. Dans ce cas, merci de nous préciser vos coordonnées (nom, prénom, fonction, organisme/structure, mail) pour que nous puissions vous communiquer la note synthétique et/ou la date de parution du rapport final

.....

.....

.....

.....

.....

---

(NB : vos coordonnées feront l'objet d'un traitement séparé de celui de vos réponses afin de garantir l'anonymat du questionnaire)

---

Fourni par  
 Google Forms

## ANNEXE 2 : MAIL PERSONNALISE ACCOMPAGNANT L'ENVOI DU QUESTIONNAIRE

---

Madame, Monsieur,

Le Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques (EA4483 /ILIS) de l'Université de Lille Droit et Santé réalise une enquête sur la valorisation à terre des sédiments de dragage. Cette enquête s'inscrit dans le cadre d'une étude plus globale sur « l'impact écologique de sédiments pollués extraits et déposés en milieux terrestres », soutenue et financée par le réseau RECORD – Recherche coopérative sur les déchets et l'environnement ([www.record-net.org](http://www.record-net.org)).

Votre expertise en tant que (*membre du comité XX/ de suivi de l'étude XX/intervenant au congrès XXX /opérateur/...*) nous intéresse et nous vous serions reconnaissants de partager votre retour d'expérience par l'intermédiaire d'un questionnaire qui vous prendra environ 15 minutes. Nous vous garantissons l'anonymat des réponses.

Ce questionnaire est disponible en ligne à l'adresse suivante :

[https://docs.google.com/forms/d/1le2Fl\\_3hbAYDmhIt45bFB-tbDIw47Gv6w7NUBjMJVic/viewform?c=0&w=1&usp=mail\\_form\\_link](https://docs.google.com/forms/d/1le2Fl_3hbAYDmhIt45bFB-tbDIw47Gv6w7NUBjMJVic/viewform?c=0&w=1&usp=mail_form_link) vos réponses étant attendues de préférence avant le **20 mai 2016**.

A l'issue de l'enquête, nous serions ravis de vous envoyer une note synthétique de l'analyse des résultats et de vous tenir informé de la date de parution en ligne du rapport final de l'étude sur le site de RECORD (<http://www.record-net.org/etudes-en-cours/en-savoir-plus/192>). Pour cela, merci d'indiquer vos choix et de laisser vos coordonnées en toute fin de questionnaire. Notez que cette information sera traitée séparément des réponses pour respecter l'anonymat du questionnaire.

Pour de plus amples renseignements concernant l'enquête, merci de prendre contact par mail avec Madame Audrey Hayet, PhD, [audrey.hayet@univ-lille2.fr](mailto:audrey.hayet@univ-lille2.fr).

Nous vous remercions pour votre participation et vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.