



HAL
open science

Gestion à terre des sédiments marins et continentaux : traitement, stockage et valorisation. État de l'art des connaissances et des pratiques

Marie Lemoine

► To cite this version:

Marie Lemoine. Gestion à terre des sédiments marins et continentaux : traitement, stockage et valorisation. État de l'art des connaissances et des pratiques. INERIS. 2014, 60p. hal-04008848

HAL Id: hal-04008848

<https://hal.science/hal-04008848>

Submitted on 28 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RAPPORT D'ÉTUDE
N° INERIS-DRC-14-136873-05912A

19/05/2014

**Gestion à terre des sédiments marins et
continentaux : traitement, stockage et
valorisation**

Etat de l'art des connaissances et des pratiques

Avec le soutien financier de l'ONEMA



**Gestion à terre des sédiments marins et continentaux :
traitement, stockage et valorisation
Etat de l'art des connaissances et des pratiques**

Rapport réalisé pour l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques ONEMA

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.




	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Marie Lemoine	Roger REVALOR	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur au pôle RISK "Risque et technologies durables", Unité « Comportement des contaminants dans les sols et les matériaux »	Responsable d'unité au pôle RISK "Risque et technologies durables", Unité « Comportement des contaminants dans les sols et les matériaux »	Responsable du pôle RISK "Risque et technologies durables", Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	5
1. INTRODUCTION	6
2. GENERALITES SUR LA GESTION DES SEDIMENTS ISSUS DU DRAGAGE	7
2.1 Etat des lieux de la réglementation	7
2.1.1 Immersion des sédiments marins	8
2.1.2 Remise en suspension des sédiments continentaux	12
2.1.3 Commercialisation des sédiments marins et continentaux	14
2.1.4 Gestion a terre des sédiments non commercialisables.....	15
2.2 Guides et documents de références disponibles, encadrant la gestion à terre des sédiments.....	17
2.3 Etat des lieux de la réglementation et des guides encadrant les pratiques en matière de valorisation des sédiments de dragage	18
3. FILIERES DE STOCKAGE.....	20
3.1 Mise en installation de stockage de déchets	20
3.1.1 Terrains de dépôt de sédiments	29
4. FILIERES DE VALORISATION A TERRE DES SEDIMENTS	32
4.1 Procédés de traitement et de prétraitement des sédiments	32
4.1.1 Procédés de prétraitement	32
4.1.2 Procédés de traitement.....	33
4.1.3 Etat des connaissances et innovations en matière de traitement des sédiments	34
4.2 filières de valorisation.....	38
5. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET ACCEPTABILITE DES SEDIMENTS VALORISABLES	47
5.1 Evaluation environnementale des matériaux alternatifs valorisés en technique routière	47
5.2 Evaluation environnementale des sédiments : Besoins et Perspectives	52
6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	55
7. REFERENCES	56

LISTE DES FIGURES

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Concentrations seuils « N1 » et « N2 », pour les métaux (source : Arrêté du 09/08/2006).....	9
Tableau 2 : Concentrations seuils « N1 » et « N2 », pour les PCB (source : Arrêté du 09/08/2006)	9
Tableau 3 : Concentrations seuils « N1 » et « N2 » pour les HAP prioritaires (source : Arrêté du 09/08/2006).....	10
Tableau 4 : Concentrations seuils pour le TBT (source : Arrêté du 23/12/2009) ..	10
Tableau 5 : Répartition des filières de gestion des sédiments marins, selon l'« Enquête Dragage 2009 » (Le Guyader et Colin, 2012). Pourcentages calculés par rapport aux masses de matières sèches de sédiments.....	12
Tableau 6 : Concentrations seuils « S1 » pour les métaux, les PCB totaux et les HAP totaux, définies dans l'Arrêté du 9 août 2006 (source : Arrêté du 09/08/2006)	13
Tableau 7 : Estimation par VNF des besoins de terrains de dépôt des sédiments continentaux de la région Nord-Pas de Calais entre 2007 et 2027, nombre de terrains de dépôt pressentis et estimation de la capacité d'accueil (VNF, 2008)	14
Tableau 8 : Critères d'acceptabilité des déchets en ISDI, ISDnD ou ISDD (source : Arrêté du 30/12/02, Arrêté du 09/09/97, Arrêté du 28/10/2010)	24
Tableau 9 : Critères d'acceptabilité de lixiviation des déchets en ISDI (source : Décision n°2003/33/CE)	25
Tableau 10 : Critères d'acceptabilité des paramètres organiques des déchets en ISDI (source : Décision n°2003/33/CE)	26
Tableau 11 : Critères d'acceptabilité de lixiviation des déchets en ISDnD (source : Décision n°2003/33/CE)	27
Tableau 12 : Autres critères d'acceptabilité des déchets en ISDnD (source : Décision n°2003/33/CE)	27
Tableau 13 : Critères d'acceptabilité de lixiviation des déchets en ISDD (source : Décision n°2003/33/CE)	29
Tableau 14 : Autres critères d'acceptabilité des déchets en ISDnD (source : Décision n°2003/33/CE)	29
Tableau 15 : Filières de valorisation des sédiments : état des connaissances et des réglementations associées	44
Tableau 19 : Valeurs limites en percolation permettant de justifier certaines utilisations visées par le guide SETRA (source : guide SETRA)	51

GLOSSAIRE

ANR : Agence Nationale de la Recherche
BRGM : Bureau Recherches Géologiques et Minières
COT : Carbone Organique Total
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT : Hydrocarbures totaux
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
ISDI : Installations de stockage de déchets inertes
ISDnD : Installation de stockage de déchets non dangereux
ISDD : Installation de stockage de déchets dangereux
ISSeP : Institut Scientifique de Service Public
ESITC : Ecole Supérieure d'Ingénieurs des travaux de la construction de Caen
FEDER : Fonds Européens de Développement Economique Régional
FUI : Fond Unique Interministériel
GEODE : Groupe d'Etudes et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement
MEDAD : Ministère de l'Ecologie
OSPAR : Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (Convention OSLO-PARIS)
PCB : PolyChloroBiphényles
PNA : les Ports Normands Associés
SDRTD : Schéma Directeur Régional des Terrains de Dépôts
SDTD Schémas Directeurs des Terrains de Dépôts
TBT : TRiButylEtain
VNF : Voies Navigables de France

1. INTRODUCTION

De nombreux cours d'eau, canaux, estuaires et ports sont sujets à des accumulations importantes de sédiments. Afin de développer ou de maintenir les activités de navigation et d'aménagement des berges, des opérations de dragages doivent être régulièrement menées. Cependant, l'impact de ces activités sur la matrice sédimentaire s'avère non négligeable. Les sédiments dragués sont, pour la plupart, pollués par différentes substances, telles que les métaux, les PCB, les HAP, et certains contaminants d'intérêt émergent ayant tendance à s'accumuler dans de compartiment, qui peuvent être remobilisées lors de ces opérations.

Afin de préserver l'environnement, et plus particulièrement les milieux aquatiques, les sédiments trop fortement contaminés, au titre de la réglementation en vigueur, ne peuvent être immergés : ils doivent être gérés à terre.

La majorité des tonnages gérés à terre sont envoyés en centre de stockage (ISDI, ISDnD, ISDD). Toutefois, pour autant que les sédiments ne soient pas classés comme dangereux (au sens de la réglementation sur les déchets), différentes filières de valorisation à terre sont envisageables.

Le présent rapport s'attache à identifier les verrous limitant aujourd'hui l'émergence de ces filières de valorisation à terre des sédiments non immergeables. Dans un premier temps, le contexte réglementaire actuel, en lien avec la gestion à terre des sédiments est présenté. Dans un second temps, un état de l'art des différentes filières de valorisation et leurs procédés de traitement est réalisé, cherchant à mettre en exergue les verrous techniques et méthodologiques limitant leur mise en œuvre à une échelle industrielle.

2. GENERALITES SUR LA GESTION DES SEDIMENTS ISSUS DU DRAGAGE

2.1 ETAT DES LIEUX DE LA REGLEMENTATION

Le statut des sédiments extraits ou dragués est défini par la Note juridique du 18 septembre 2002¹ (Annexe 4) :

« La notion de déchet est définie à l'article L 541-1 du code de l'environnement [Loi de 1975 sur les déchets]. Cette définition indique notamment qu'est un déchet tout bien meuble que son détenteur destine à l'abandon ».

« Les sédiments sont des sous-produits d'une activité (le dragage) qui vise à rétablir un libre écoulement et non pas à exploiter un matériau particulier en vue de son utilisation. Ils ne sont pas la finalité même de l'opération de dragage et sont généralement destinés à l'abandon. Pour ces raisons, les sédiments extraits des cours d'eau sont, dans de nombreux cas, considérés comme des déchets ».

Deux cas font cependant exception. En effet, les sédiments ne sont pas considérés comme des déchets :

- si les matériaux extraits sont assimilables à des matériaux d'exploitation de carrières;
- si les matériaux dragués font l'objet d'une remise en suspension.

La circulaire du 4 juillet 2008² étend cette exception aux « *matériaux excédentaires, aisément commercialisables* » générés par les opérations de dragages.

Peuvent être également considérés comme une exception, les sédiments valorisés/réutilisés sans être sortis du lit du cours d'eau comme dans le cas de régalaage, rechargement des plages ou de renforcement dunaire ou de berges, dans le respect de la Directive Cadre des déchets n°2008/98/CE du 19 novembre 2008³.

En dehors de ces exceptions, en règle générale, les sédiments extraits sont considérés comme des déchets : à ce titre, leur gestion à terre doit respecter le cadre législatif et réglementaire relatif aux déchets. En outre, si une « *mise en valeur des terres* » est envisagée, un autre texte doit également être considéré : la

¹ Note juridique sur la gestion des sédiments extraits des cours d'eau et des canaux, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), 18 septembre 2002.

² Circulaire relative aux procédures liées à la gestion des sédiments lors des travaux d'opérations impliquant des dragages maritimes ou curages maritimes et fluviaux, 4 juillet 2008

³ La Directive Cadre sur les déchets n°2008/98/CE, du 19 novembre 2008, précise cependant que les différentes filières de gestion des sédiments de dragage, ne nécessitant pas la sortie du lit du cours d'eau, doivent être limités aux sédiments non dangereux : « *sans préjudice des obligations prévues par d'autres dispositions communautaires pertinentes, les sédiments déplacés 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 de 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 les sédiments ne sont pas dangereux* »

Directive 86/278/CEE, du 12 juin 1986⁴ relative à la protection de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture.

2.1.1 IMMERSION DES SEDIMENTS MARINS

Avant la publication au journal officiel de l'**arrêté du 14 juin 2000⁵ complété** depuis par l'**arrêté du 9 août 2006⁶**, l'intégralité ou la quasi-intégralité des sédiments marins, quel que soit leur niveau de contamination, étaient « clapés » au large des côtes, dans des fosses dédiées à leur immersion. Les sédiments dragués étaient jusqu'alors directement gérés en mer. Ces opérations étaient réalisées sans précaution aucune, et sans étude préalable pour connaître l'impact de ces rejets sur les écosystèmes.

Depuis la publication de ces arrêtés, en accord avec les lignes directrices OSPAR⁷, des analyses chimiques pour un certain nombre de contaminants (métaux, PCB, HAP prioritaires, TBT) sont requises, afin de **contrôler la qualité des sédiments et ainsi limiter l'immersion et/ou la remise en suspension de sédiments, pouvant avoir un impact sur les écosystèmes**. Cet arrêté fixe des « *niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins estuariens présents en milieu naturel ou portuaire* », respectivement :

- Niveau « N1 » : concentrations en contaminants au dessous desquelles l'immersion peut être autorisée ; dès que les concentrations mesurées dépassent ces seuils pour l'une des substances retenues, une étude d'impact de l'immersion est requise ;
- Niveau « N2 » : concentrations en contaminants au dessus desquelles l'immersion ne peut être autorisée sauf à justifier que cette voie de gestion s'avère être la moins dommageable pour l'environnement.

« *Ces seuils constituent des points de repère permettant de mieux apprécier l'incidence que peut avoir l'opération projetée* ». Ils ont été initialement proposés par le groupe GEODE⁸, sur la base de calculs statistiques à partir de la

⁴ Directive 86/278/CEE relative à la protection de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture, 12 juin 1986

⁵ Arrêté relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire, 14 juin 2000

⁶ Arrêté 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, 9 août 2006

⁷ « *La Convention OSPAR est l'instrument légal actuel qui guide la coopération internationale pour la protection de l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-Est. Les travaux au nom de la Convention sont menés par la Commission OSPAR, composée des représentants des gouvernements des 15 Parties Contractantes et de la Commission européenne, représentant l'Union européenne* ».

⁸ Le Groupe d'Etudes et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement (GEODE) a été mis en place en 1990. « Il est chargé d'assurer un conseil technique sur l'étude de la stratégie des dragages maritimes et des immersions, sur l'évaluation des impacts des dragages et sur l'examen critique des procédures proposées par les commissions ».

composition d'échantillons de sédiments portuaires provenant de toutes les régions françaises.

Les concentrations seuils « N1 » et « N2 » sont détaillées pour chacun des contaminants concernés dans les Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3 suivants :

Contaminant	Seuil « N1 » <i>mg.kg⁻¹ s.s.⁹</i>	Seuil « N2 » <i>mg.kg⁻¹ s.s.</i>
Arsenic (As)	25	50
Cadmium (Cd)	1,2	2,4
Chrome (Cr)	90	180
Cuivre (Cu)	45	90
Mercure (Hg)	0,4	0,8
Nickel (Ni)	37	74
Plomb (Pb)	100	200
Zinc (Zn)	276	552

Tableau 1 : Concentrations seuils « N1 » et « N2 », pour les métaux (source : Arrêté du 09/08/2006)

Contaminant	Seuil « N1 » <i>mg.kg⁻¹ s.s.</i>	Seuil « N2 » <i>mg.kg⁻¹ s.s.</i>
PCB congénère 28	0,005	0,01
PCB congénère 52	0,005	0,01
PCB congénère 101	0,01	0,02
PCB congénère 118	0,01	0,02
PCB congénère 138	0,02	0,04
PCB congénère 153	0,02	0,04
PCB congénère 180	0,01	0,02

Tableau 2 : Concentrations seuils « N1 » et « N2 », pour les PCB (source : Arrêté du 09/08/2006 modifié par l'arrêté du 17/07/2014¹⁰)

⁹ s.s. : sédiment sec

¹⁰ Arrêté du 17 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 9 août 2006

Contaminant	Seuil « N1 » $\mu\text{g.kg}^{-1}$ s.s.	Seuil « N2 » $\mu\text{g.kg}^{-1}$ s.s.
Naphtalène	160	1 130
Acénaphène	15	260
Acénaphylène	40	340
Fluorène	600	5
Anthracène	85	590
Phénanthrène	240	870
Fluoranthène	600	2 850
Pyrène	500	1 500
Benzo-a-anthracène	260	930
Chrysène	380	1590
Benzo-b-fluoranthène	400	900
Benzo-k-fluoranthène	200	400
Benzo-a-pyrène	430	1015
Di-benzo-a,h-anthracène	60	160
Benzo-g,h,i-pérylène	1 700	5 650
Indéno-1,2,3cd-pyrène	1 700	5 650

Tableau 3 : Concentrations seuils « N1 » et « N2 » pour les HAP prioritaires (source : Arrêté du 09/08/2006 complété par l'arrêté du 8/02/2013¹¹)

Le cas du Tributylétain (TBT) a fait l'objet d'un troisième arrêté en date du 23 décembre 2009¹² complétant l'arrêté du 9 août 2009, et précisant les concentrations seuils « N1 » et « N2 » pour ce composé. Celles-ci sont indiquées dans le Tableau 4 suivant.

Contaminant	Seuil « N1 » mg.kg^{-1} s.s.	Seuil « N2 » mg.kg^{-1} s.s.
TriButylEtain	0,1	0,4

Tableau 4 : Concentrations seuils pour le TBT (source : Arrêté du 23/12/2009 modifié par l'arrêté du 17/07/2014)

¹¹ Arrêté du 8 février 2013 complémentaire à l'arrêté du 9 août 2006

¹² Arrêté du 23 décembre 2009 complétant l'arrêté du 9 août 2006

La circulaire d'application n°2000-62 du 14 juin 2000¹³ précise l'interprétation des résultats issus de la caractérisation des matériaux dragués :

- **Lorsque les concentrations mesurées sont inférieures aux niveaux de référence « N1 »**, elles sont alors comparables aux bruits de fond environnementaux. L'impact potentiel sur les écosystèmes est alors jugé négligeable. Toutefois, dans certains cas exceptionnels, un approfondissement de certaines données peut s'avérer utile.

L'immersion en mer et/ou la remise en suspension sont autorisées comme filières de gestion, sans étude complémentaire.

- **Lorsque la concentration d'au moins un des éléments est supérieure au niveau de référence « N1 » mais reste inférieure au niveau de référence « N2 »**, des analyses complémentaires proportionnées, en fonction de la ou des filières de gestion envisagées, de la toxicité de l'élément considéré et du dépassement du niveau de référence « N1 », doivent être réalisées afin d'évaluer la toxicité globale des sédiments.

Selon les résultats des analyses complémentaires, l'immersion en mer et la remise en suspension peuvent éventuellement être considérées comme filière de gestion.

- **Lorsque la concentration d'au moins un des éléments est supérieure au niveau « N2 »**, celle-ci laisse présager un potentiel impact des sédiments sur les écosystèmes. Des investigations complémentaires doivent être mises en œuvre, « portant sur la sensibilité du milieu aux substances concernées, avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment, une évaluation de l'impact prévisible sur le milieu [étude d'impact] et le cas échéant, affiner le maillage des prélèvements sur la zone concernée (afin, par exemple de délimiter le secteur plus particulièrement concerné) ».

Selon les résultats des investigations complémentaires, l'immersion en mer et la remise en suspension peuvent être interdites¹⁴. D'autres filières de gestion, à terre, doivent alors être envisagées.

La prise en compte de la qualité des sédiments marins dans la démarche de gestion des sédiments de dragage, en milieu marin, conduit aujourd'hui à une mutation des pratiques.

Aujourd'hui, le dépôt à terre ou en mer est pratiqué pour les sédiments contaminés, c'est-à-dire dont les concentrations des contaminants sont supérieures aux seuils « N1 » et « N2 » des arrêtés du 9 août 2006 et du 23 décembre 2009.

¹³ Circulaire n° 2000-62 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, 14 juin 2000

¹⁴ Sous réserve que cette interdiction soit la solution de gestion la moins dommageable pour l'environnement

Les sédiments ramenés à terre sont gérés en tant que « déchets » et stockés en installations de stockage (au titre de la réglementation « déchets » en vigueur). Pour autant, un certain nombre de projets de recherche ont démontré le potentiel de valorisation de ces matériaux.

En ce qui concerne le dépôt en mer, les matériaux sont entreposés au sein de « chambres de dépôt » localisées à proximité des ports.

La répartition des filières de gestion des sédiments marins pour les 3 façades maritimes (Manche-Nord, Atlantique, Méditerranée) est présentée dans le Tableau 5 suivant.

	Manche-Nord	Atlantique	Méditerranée
Immersion	95.19%	98.71%	97.23%
Rechargement de plages	0.07%	1.11%	1.06%
Dépôt à terre	4.72%	0.16%	0.96%
Dépôt en mer		0.02%	0.75%
Autres traitements	0.01%		

Tableau 5 : Répartition des filières de gestion des sédiments marins, selon l'« Enquête Dragage 2009 » (Le Guyader et Colin, 2012). Pourcentages calculés par rapport aux masses de matières sèches de sédiments

2.1.2 REMISE EN SUSPENSION DES SEDIMENTS CONTINENTAUX

Avant la publication au journal officiel de l'**arrêté du 9 août 2006**, et en l'absence de valeurs réglementaires pour les teneurs en éléments traces, les sédiments continentaux, quel que soit leur niveau de contamination, étaient, le plus souvent, déposés sur les berges par régilage, remis en suspension ou mis en dépôt, sur des sites aménagés sans aucune précaution. Le **décret n°97-1133 du 8 décembre 1997**¹⁵ et l'**arrêté du 8 janvier 1998**¹⁶, définissant les critères de gestion des boues de station d'épuration¹⁷, étaient alors souvent utilisés comme documents de référence.

Depuis la publication de l'arrêté du 9 août 2006, des analyses chimiques sont requises, afin de contrôler la qualité des sédiments et ainsi limiter le régilage ou le dépôt de sédiments, pouvant avoir un impact sur les écosystèmes.

¹⁵ Décret n°97-1133 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées, 8 décembre 1997

¹⁶ Arrêté fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées, 8 janvier 1998

¹⁷ Valeurs réglementaire en métaux (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc) des boues de station d'épuration épandues sur des sols agricoles, d'après le décret n°97-1133 du 08/12/1997 et l'arrêté du 8 janvier 1998

Par ailleurs et dans le cadre d'une remise en suspension, **l'article 5 de l'arrêté du 30 mai 2008**¹⁸ précise que « *l'étude d'incidence [du dossier « Loi sur l'eau »] doit étudier et conclure sur la faisabilité de la remise en suspension dans le cours d'eau des matériaux mobilisés, notamment au regard de la contamination des sédiments, des effets sur les habitats aquatiques à l'aval et des conditions technico-économiques* ». Les données physico-chimiques devant être acquises *in situ*, sont relatives, quant à elles, à la qualité de l'eau, la fraction fine, la phase solide et interstitielle.

Les analyses physico-chimiques réalisées concernent les métaux¹⁹, PCB totaux²⁰ et HAP totaux. Les concentrations mesurées sont comparées à une concentration seuil « S1 ».

Contaminant	Seuil « S1 » <i>mg.kg⁻¹ s.s.</i>
Arsenic (As)	30
Cadmium (Cd)	2
Chrome (Cr)	150
Cuivre (Cu)	100
Mercure (Hg)	1
Nickel (Ni)	50
Plomb (Pb)	100
Zinc (Zn)	300
PCB totaux	0,68
HAP totaux	22,80

Tableau 6 : Concentrations seuils « S1 » pour les métaux, les PCB totaux et les HAP totaux, définies dans l'Arrêté du 9 août 2006 (source : Arrêté du 09/08/2006)

La prise en compte de la qualité environnementale des sédiments dans la démarche de gestion d'une part, mais également la densification des zones urbaines près des voies d'eau d'autre part, conduisent les gestionnaires à envisager de nouvelles filières de gestion et plus particulièrement de valorisation des sédiments de dragage.

Aujourd'hui, les sédiments ramenés à terre sont, la plupart du temps, gérés en tant que « déchets » et déposés sur des terrains appartenant à VNF²¹.

¹⁸ Arrêté 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 code de l'environnement 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, 30 mai 2008

¹⁹ Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc

²⁰ PolyChloroBiphenyls (PCB totaux, PCB 28, PCB 52, PCB 101, V 118, PCB 28138, PCB 153, PCB 180)

Pour autant, un certain nombre de projets de recherche ont démontré le potentiel de valorisation de ces matériaux.

Pour la seule région Nord-Pas de Calais, VNF a estimé à près de 2 Mm³, le volume nécessaire sur 20 ans (2007/2027) pour stocker à terre les sédiments continentaux non immergeables (cf. Tableau 7).

Subdivision	Capacité de dépôt nécessaire entre 2007 et 2027 (*1000m ³)	Nombre de terrains pressentis	Capacité disponible ^a (*1000m ³)
Cambrai	632	11	610,437
Douai	693,55	8	1 374,685
Dunkerque	-	12	1 021,117
Lille	340,21	3	310
Maubeuge	195	5	442,595
Saint-Omer	-	15	2 601,09
Valenciennes	-	0	0
TOTAL	1860,76	54	6 359.924

^a capacité disponible estimée en considérant une hauteur de dépôt de 3m

Tableau 7 : Estimation par VNF des besoins de terrains de dépôt des sédiments continentaux de la région Nord-Pas de Calais entre 2007 et 2027, nombre de terrains de dépôt pressentis et estimation de la capacité d'accueil (VNF, 2008)

2.1.3 COMMERCIALISATION DES SEDIMENTS MARINS ET CONTINENTAUX

Comme évoqué précédemment, la circulaire du 4 juillet 2008²² précise que les « matériaux excédentaires, aisément commercialisables » générés par les opérations de dragage ne sont pas considérés comme des déchets en tant que tels. « Dans certains cas, les dragages produisent des matériaux aisément commercialisables et, généralement, de par leur nature, peu susceptibles d'être contaminés tels que les sables, galets et autres produits minéraux solides. Sous réserve que ces matériaux ne soient effectivement pas contaminés et qu'ils se limitent aux matériaux excédentaires provenant d'extractions strictement limitées aux besoins des travaux maritimes ou fluviaux (y compris les travaux neufs) ou les opérations d'entretien, ils peuvent être commercialisés, sans que soit nécessaire un titre minier (à l'aval de la limite transversale de la mer) ou une autorisation d'exploitation de carrière (à l'amont de la limite transversale de la mer pour les cours d'eau) ».

²¹ Voies Navigables de France

²² Circulaire relative aux procédures liées à la gestion des sédiments lors des travaux d'opération impliquant des dragages maritimes ou curages maritimes et fluviaux, 4 juillet 2008

Cette circulaire définit les conditions de commercialisation et les procédures applicables.

2.1.4 GESTION A TERRE DES SEDIMENTS NON COMMERCIALISABLES

Lorsqu'ils sont gérés à terre, la filière de gestion est fonction de la dangerosité des sédiments. Ainsi, sont considérés distinctement les **sédiments dangereux** et les **sédiments non dangereux**. La notion de dangerosité des sédiments, est définie dans l'article R. 541-8 du Code de l'Environnement, et son annexe II, à savoir :

- la rubrique 17 05 05* boues de dragage contenant des substances dangereuses ;
- la rubrique 17 05 06 boues de dragage autres que celles visées par la rubriques 17 05 05*.

C'est « une entrée miroir » : il est donc nécessaire de conduire la démarche d'évaluation de la dangerosité des déchets vis-à-vis des critères H1 à H15 (annexe I de l'article R. 541-8), telle que définie dans le guide de classement des déchets suivant leur dangerosité²³. Bien que ce guide ne soit pas spécifiquement dédié aux matrices sédimentaires, la méthodologie peut leur être appliquée.

Face aux spécificités des sédiments par rapport aux autres déchets, un groupe de travail a été mis en place, en 2009, par le Ministère en charge de l'Environnement dans le but de développer un protocole spécifique permettant de quantifier le caractère «dangereux» ou «non-dangereux» des sédiments destinés à une gestion à terre. Ce groupe de travail avait, dans un premier temps, pour objectif de :

- statuer sur la pertinence des critères H1 à H13,
- déterminer les contaminants les plus pertinents,
- préciser un protocole d'évaluation pour le critère H14, qui est souvent le critère le plus classant pour une grande majorité de déchets.

A partir du protocole d'évaluation pour le critère H14, publié en 2013, un projet d'arrêté a été mis en consultation le 10 décembre 2013, par le Ministère en charge de l'environnement. Celui-ci devrait donc prochainement compléter l'arrêté du 8 juillet 2003, relatif aux critères et méthodes d'évaluation des propriétés de dangers H1 explosif, H2 comburant, H3 inflammable et facilement inflammable d'un déchet.

Cette première étape, permet l'acquisition d'une meilleure connaissance des caractéristiques physico-chimiques des matériaux, et, selon la classification, oriente le gestionnaire vers un choix pertinent de filières de gestion.

- *Cas des sédiments dangereux*

²³ INERIS DRC 12-125740-06310A Guide de classement des déchets selon leur dangerosité suivant le Code de l'Environnement et la réglementation SEVESO II (partie applicable aux déchets), 2012.

Au regard des différents éléments présentés dans les sections précédentes, il s'avère que les sédiments classés comme dangereux ne sont pas facilement valorisables. Ils ne peuvent, par exemple, pas être valorisés en techniques routières sauf à leur faire subir un traitement préalable permettant de les déclasser en sédiments non dangereux (cf. chap. 4 et les acquis du projet FUI PCB-AXELERA).

Actuellement, ces matériaux sont majoritairement éliminés dans des installations spécifiques de stockage (voir section 3).

➤ *Cas des sédiments non dangereux*

Lorsque les sédiments sont considérés comme non dangereux et « *ne peuvent pas être remis en suspension ou immergés* », les filières de gestion sont alors encadrées par la Loi sur l'Eau et les éventuelles activités de traitement et de transformation associées peuvent être classées au titre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Selon leurs propriétés géotechniques et leurs caractéristiques physico-chimiques, les sédiments de dragage non dangereux peuvent être valorisés dans le cadre :

- d'opérations de régallages « *sur terrains riverains ou épandage sur parcelles agricoles ou la mise en terrain de dépôt* » ;
- d'opérations de « *remblaiement de carrière lorsque les sédiments sont considérés comme inertes ou la valorisation pour la réalisation de travaux d'aménagement, sous réserve de démontrer que l'impact environnemental des sédiments valorisés est acceptable au regard de l'usage envisagé* » ;
- de la construction de routes (techniques routières : sous-couches, remblais, etc.).

Une caractérisation géotechnique et physico-chimique complémentaire des sédiments peut être envisagée, selon la filière de valorisation choisie, ceci, dans le but de vérifier si les matériaux respectent le cahier des charges technique de la filière considérée.

La démarche concernant l'étude de l'impact environnemental des sédiments valorisés n'est cependant pas précisée dans les textes de loi en vigueur et n'a pas non plus été définie au travers d'un guide méthodologique.

En ce qui concerne la filière de valorisation des déchets en « technique routière », le guide SETRA apporte un certain nombre d'éléments pertinents qui peuvent être utilisés par le maître d'ouvrage. Cependant, ce guide ne prend pas en compte les spécificités des matrices sédimentaires d'origines marines ou continentales. Le projet de recherche SEDIMED vise la rédaction d'un guide fils, spécifiquement dédié aux sédiments.

Les autres filières de gestion n'ont pas fait l'objet de démarches semblables. Le maître d'ouvrage est dans ce cas seul décisionnaire de la démarche à adopter qu'il doit faire valider par l'Administration.

2.2 GUIDES ET DOCUMENTS DE REFERENCES DISPONIBLES, ENCADRANT LA GESTION A TERRE DES SEDIMENTS

Nombreux sont les guides encadrant les opérations de dragages et l'immersion ou la remise en suspension des sédiments. Ceux-ci répondent aussi bien aux problématiques techniques (procédés de dragages, etc.) qu'aux problématiques environnementales (risques pour les écosystèmes et la santé). Par ordre de publication, peuvent être mentionnés les documents suivants (liste non exhaustive) :

- **Dragages et environnement marin, état des connaissances**, IFREMER, 1999.
Adresse de téléchargement : <http://archimer.ifremer.fr/doc/1999/rapport-1040.pdf>
- **Guide méthodologique, Enlèvement des sédiments, Evaluation Détaillée des Risques liés à la gestion des sédiments et aux opérations de curage**, santé humaine, ressource en eau, EDR sédiments, Groupe de Travail Opérationnel de la Thématique Sédiments Pollués du Pôle de Compétence Sites et Sols Pollués, 2002.
Adresse de téléchargement : http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/etude_11.pdf
- **Aide à la gestion alternative au rejet en mer de sédiments contaminés provenant du dragage de sites portuaires**, BRGM, rapport BRGM/RP-53470-FR, 2004.
Adresse de téléchargement : www.brgm.fr/Rapport?code=RP-53470-FR.pdf
- **Guide pour la gestion des opérations de dragage**, In Vivo, FFPP, décembre 2005, 83 p.
Adresse de téléchargement : http://www.invivo-environnement.com/UserFiles/File/GuideDragageFFPP_lite2005.pdf
- **Guide technique régional relatif à la méthodologie de gestion des sédiments de dragage portuaires**, PREDIS Nord Pas de Calais, Groupe de Travail N°5, 2006.
Adresse de téléchargement : http://www.cd2e.com/sites/default/files/Cd2eStatic_contenu/predis/classeur_2.pdf
- **Les dragages d'entretien des chenaux de navigation dans les estuaires français - Evaluation des incidences au regard de la conservation des sites Natura 2000- Proposition pour de bonnes pratiques de dragage**, Groupe GEODE, 2006.
Adresse de téléchargement : http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese_guide_geode_cle716eb9.pdf
- **Dragage en milieu marin, immersion et code de l'environnement : le guide des procédures préalables**, CETMEF, 2008.
Adresse de téléchargement : http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/C_08-06_cle2d68d1.pdf
- **Evaluation des incidences des dragages des chenaux de navigation et des immersions sur l'état de conservation des sites Natura 2000, Guide méthodologique**, Groupe GEODE, ENS N°63001Em, mars 2008.
Adresse de téléchargement : http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_evaluation_incidences_dragages_cle1d7b1_5.pdf

- **Recommandations pour la détermination d'objectifs de gestion d'un estuaire au regard des opérations de dragage et d'immersion**, Groupe GEODE, ENS N°63001Em, mars 2008.
Adresse de téléchargement : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2B_GEODE_Recommandations_gestion_version_0308.pdf
- **Schéma de référence des dragages du Morbihan, 2010.**
Adresse de téléchargement : http://www.morbihan.equipement-agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/SRD_08_2010_cle79e86e.pdf
- **Dragage d'entretien des voies navigables, Aide à l'élaboration et au suivi d'un plan de gestion pluriannuel**, CETMEF, mai 2011
- **Suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion**, GEODE, Décembre 2012
Adresse de téléchargement : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_methodologique_Suivi_Dragage_Immersion_.pdf
- **Guide sur l'évaluation des risques sanitaires des opérations de dragage et de rejet en mer de matériaux marins et estuariens**, Groupe GEODE, 2013.
Adresse de téléchargement: http://www.paralia.fr/jngcgc/12_110_droit.pdf

Si les guides et documents de référence concernant les opérations de dragages sont nombreux, l'encadrement des pratiques de gestion à terre l'est beaucoup moins. Aujourd'hui, et malgré les quelques travaux menés depuis plusieurs années pour le développement et la maîtrise des filières de valorisation à terre des sédiments de dragage économiquement viables, aucun guide n'a été rédigé dans ce sens. Il n'existe donc pas de document de référence intégrant à la fois les spécificités techniques et environnementales, liées à la valorisation de matériaux sédimentaires potentiellement pollués, exception faite du livrable du programme ANR SEDIGEST, relatif au réaménagement de carrières.

[1]. **Guide méthodologique pour l'évaluation des risques écologiques liées à la restauration de carrières de la zone littorale à l'aide de sédiments de dragage portuaires**, Tome 1, ENTPE, INSA de Lyon, BRGM, INERIS, CNRS, INSAVALOR, IN VIVO, CETMEF, CG 29, Cg 83, 2012. Guide issu des travaux du programme ANR SEDIGEST.

Adresse de téléchargement : http://www.sedigest.org/documents/Sedigest_Guide_pour_EDR_Ecologiques.pdf?8a28b13737adb89002f59262ef13e0d5=9219a05e45a69fc2c077f803cbe93e4b

2.3 ETAT DES LIEUX DE LA REGLEMENTATION ET DES GUIDES ENCADRANT LES PRATIQUES EN MATIERE DE VALORISATION DES SEDIMENTS DE DRAGAGE

Au regard des paragraphes précédents, faisant un état des lieux de la réglementation actuellement en vigueur, et des documents faisant référence en matière de gestion à terre des sédiments de dragage, il apparaît que :

- [2]. **la réglementation actuelle et les guides publiés n'encadrent que les opérations de dragage et l'immersion ou la remise en suspension des sédiments,**
- [3]. dans le cadre de ces documents, les substances polluantes suivies (métaux, PCB, HAP), ne tiennent pas compte de travaux récents démontrant **la présence d'une grande diversité de micropolluants dans la matrice sédimentaire**, et dont les propriétés physico-chimiques (toxicité, écotoxicité, transfert, persistance) peuvent induire des **émissions de ces mêmes composés ou de leurs métabolites dans différentes matrices environnementales** (fonction du scénario de valorisation), impactant directement la qualité des milieux comme les eaux souterraines ou les eaux de surface, par exemple,
- [4]. en dehors du cadre législatif et réglementaire encadrant la gestion des déchets, il n'existe donc **pas de texte de loi spécifique à la valorisation à terre des sédiments** (au titre de leur réutilisation en tant que matériau de construction, épandage agricole, etc.), l'utilisation de **la réglementation « boues » pour l'épandage des sédiments sur les terrains agricoles en est un parfait exemple.**
- [5]. il n'existe pas non plus de **guide faisant référence, pour la valorisation à terre des sédiments, par filières** (au titre de leur réutilisation en tant que matériau de construction, épandage agricole, etc.).

L'ensemble de ces éléments tend à démontrer que les verrous limitant le développement d'un marché en lien avec la valorisation des sédiments, sont :

- l'absence de cadre réglementaire spécifique, en dehors du cadre s'appliquant aux déchets, concernant *a minima* les caractéristiques physico-chimiques et les propriétés (toxicité, écotoxicité, ...) des sédiments pour qu'ils soient admissibles dans une filière donnée ;
- l'absence de guide de référence, a fortiori spécifique par filière, intégrant une démarche d'évaluation et d'acceptabilité environnementales des sédiments valorisables.

L'essor des problématiques en lien avec les micropolluants dans la gestion de l'environnement et plus particulièrement des eaux de surface, tend également à élargir les discussions à de nouvelles substances.

3. FILIERES DE STOCKAGE

En ce qui concerne les filières de stockage, deux filières doivent être distinguées :

[6]. les installations de stockage de déchets ;

[7]. les terrains de dépôt.

Les sections suivantes s'intéressent respectivement à chacune de ces deux filières.

Elles sont soumises à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), à savoir :

- *pour les matériaux inertes* : L541-30-1 ;
- *pour les matériaux non dangereux* : rubrique 2760-2 (Stockage des déchets autres que ceux mentionnés à la rubrique 2720) ;
- *pour les matériaux dangereux* : rubrique 2760-1 (Stockage des déchets autres que ceux mentionnés à la rubrique 2720).

3.1 MISE EN INSTALLATION DE STOCKAGE DE DECHETS

Lorsque les sédiments dragués en milieu marin ou continental, sont caractérisés comme dangereux²⁴ et ne répondent pas aux critères de gestion simple (immersion en mer, remise en suspension, etc.), ceux-ci sont alors considérés comme des « déchets ultimes »²⁵ et doivent être éliminés.

Dans les pratiques actuelles, ces « déchets ultimes », sont gérés comme tels, au titre de la réglementation française des « déchets ». Ils sont donc stockés/enfouis dans des installations de stockage des déchets.

En France, trois types d'installation de stockage de déchets ont été définies dans la réglementation :

- les **Installations de stockage de déchets inertes (ISDI)** :
Elles accueillent principalement des déchets issus du BTP et des travaux publics inertes (terres, gravats, etc.).
- les **Installation de stockage de déchets non-dangereux (ISDnD)** :
Elles accueillent principalement les Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) et les Déchets industriels non dangereux des Activités Economiques (DAE). Ces installations sont mises en œuvre sur des sols peu perméables. Elles se présentent sous la forme d'alvéoles étanchéifiées par des matériaux également peu perméables, sont aménagées pour récupérer les eaux de ruissellement et sont équipées de systèmes de drainage dans le but de récupérer les lixiviats et ainsi protéger la ressource eaux souterraines. Un système de captage des biogaz est également mis en place afin de limiter les émissions de composés volatils (CH₄, N₂, CO₂, O₂ et autres composés) dans l'atmosphère.

²⁴ Au titre de l'annexe II de l'article R. 541-8 du Code de l'Environnement

²⁵ Un « déchet ultime » est un déchet ne pouvant être réutilisé ou valorisé selon les techniques et économiques connues et maîtrisées telles l'extraction de la part valorisable ou son traitement.

- **les Installation de stockage de déchets dangereux (ISDD) :**
Elles accueillent l'ensemble des déchets caractérisés comme dangereux au titre de l'article R541-8 du Code de l'Environnement. Ces installations sont mises en œuvre sur des sols peu perméables et sont équipées de dispositifs performants pour limiter le transfert des substances polluantes pour les écosystèmes. Ces techniques se classent en deux catégories : les techniques actives (drainage, géo-membranes, etc.) et passives (contexte géologique et hydrogéologique du site considéré, sols argileux, matériaux géo-synthétiques). Ces installations sont divisées en casiers hydrauliquement indépendants et les matériaux sont stockés par groupe de compatibilité. Les déchets sont également stabilisés, selon leurs caractéristiques physico-chimiques, avant enfouissement, par exemple grâce à des liants minéraux, pour limiter les rejets et protéger les écosystèmes et en particulier la ressource eaux souterraines.

L'admission des sédiments de dragage dans ces installations est régie par différents critères, définis dans l'Annexe II de la Directive 1999/31 du 26 avril 1999²⁶ (modifiée par la directive 2011/97/UE du 5 décembre 2011²⁷) sur la base d'une caractérisation proportionnée des matériaux.

Cette caractérisation se divise en trois niveaux :

- **Niveau 1 : Caractérisation de base.**
La caractérisation de niveau 1 est obligatoire pour tous les déchets.
« Il s'agit d'une détermination minutieuse du comportement à court et à long termes des déchets en matière de lixiviation, et/ou de leurs propriétés caractéristiques, à l'aide de méthodes normalisées d'analyse et de vérification du comportement. »
En fonction des résultats, les déchets sont placés sur la liste de référence appropriée et stockés dans l'installation de stockage des déchets correspondante (ISDI, ISDnD, ISDD).
« Certains types de déchets peuvent être exemptés à titre permanent ou temporaire de la caractérisation prévue au niveau 1. La raison peut en être l'impossibilité de procéder à la vérification, l'absence de procédures de vérification et de critères d'admission appropriés, ou l'existence d'une législation dérogatoire. »
- **Niveau 2 : Vérification de la conformité.**
La caractérisation de niveau 2 est mise en œuvre à une fréquence régulière (1 à 2 fois par an) afin de vérifier le respect des critères de la liste de référence.

²⁶ Directive n° 1999/31/CE concernant la mise en décharge des déchets, 26 avril 1999

²⁷ Directive n° 2011/97/UE modifiant la directive 1999/31/CE en ce qui concerne les critères spécifiques applicables au stockage du mercure métallique considéré comme un déchet, 5 décembre 2011

« Il s'agit d'une vérification périodique à l'aide de méthodes normalisées plus simples d'analyse et de vérification du comportement, en vue de déterminer si les déchets satisfont aux conditions de l'autorisation et/ou à des critères de référence spécifiques. Les vérifications portent essentiellement sur des variables clés et sur le comportement déterminé par la caractérisation de base. »

➤ **Niveau 3 : Vérification sur place.**

Chaque chargement de déchets arrivant à l'entrée d'une installation de stockage doit être soumis à la vérification de niveau 3.

« Il s'agit de méthodes de contrôle rapide visant à confirmer que les déchets sont les mêmes que ceux qui ont été soumis à la vérification de conformité et que ceux qui sont décrits dans les documents d'accompagnement. Elle peut consister en une simple inspection visuelle d'un chargement de déchets avant et après le déchargement sur le site de décharge. »

Les critères d'acceptabilité des matériaux, dans les installations de stockage de type ISDI et ISDD sont été définis dans des textes de loi, aujourd'hui en vigueur :

- *ISDD* : l'arrêté du 30 décembre 2002²⁸, relatif aux installations de stockage de déchets dangereux, modifié par l'ordonnance n°2012-417 du 27 avril 2010²⁹, l'arrêté du 12 mars 2012³⁰, l'arrêté du 10 octobre 2012³¹ ;
- *ISDI* : l'arrêté du 28 octobre 2010, relatif aux installations de stockage de déchets inertes

Par contre, les critères d'acceptabilité des matériaux dans les installations de stockage de type ISDnD n'ont pas été clairement définis par un texte réglementaire français. Ils sont cependant encadrés par l'arrêté du 9 septembre 1997 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux³². Ces critères sont définis, au cas par cas, pour chaque installation ISDnD, par un arrêté préfectoral.

L'ensemble des critères d'acceptabilité réglementaires français sont présentés par le Tableau 8 suivant.

²⁸ Arrêté, relatif aux installations de stockage de déchets dangereux, 30 décembre 2002

²⁹ Ordonnance n°2012-417 harmonisant les dispositions relatives à la sécurité et à la déclaration d'utilité publique des canalisations de transport de gaz, d'hydrocarbures et de produits chimiques, 27 avril 2010

³⁰ Arrêté relatif au stockage des déchets d'amiante, 27 mars 2012

³¹ Arrêté modifiant l'arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux, 10 octobre 2012

³² Celui-ci a fait l'objet de différentes modifications au travers de l'arrêté du 12 mars 2012 relatif au stockage des déchets d'amiante, l'arrêté du 2 août 2011, l'ordonnance n° 2010-418 du 27 avril 2010 harmonisant les dispositions relatives à la sécurité et à la déclaration d'utilité publique des canalisations de transport de gaz, d'hydrocarbures et de produits chimiques, l'arrêté du 18 juillet 2007, l'arrêté du 18 juillet 2007, l'arrêté du 19 janvier 2006, l'arrêté du 3 avril 2002, l'arrêté du 31 décembre 2001.

Installation de stockage	ISDD	ISDnD	ISDI
Texte réglementaire de référence	Arrêté du 30/12/02 relatif au stockage de déchets dangereux	Arrêté du 09/09/97 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux	Arrêté du 28/10/10 relatif aux installations de stockage de déchets inertes
Application	depuis 2002 (modifié pour la dernière fois en 2012)	depuis 1997 (modifié en 2012 pour la dernière fois)	depuis 2010
Seuils à respecter pour gestion (mg/kg)			
Essais de lixiviation	XP X 31-211 (si déchet solide massif) X 30 402-2 (si déchet non massif)	NF EN 12457-2	NF EN 12457-2
Paramètres d'essai			
éluant - pH			
Granulométrie			
Durée	24h		
L/S			
Résultats			
pH	4 < < 13		
As	25	non précisé	0,5
Ba	300	non précisé	20
Cd	5		0,04
Cr VI			
Cr total	70	non précisé	0,5
Co			
Cu	100	non précisé	2
Hg	2	non précisé	0,01
Mo	30	non précisé	0,5
Ni	40	non précisé	0,4
Pb	50	non précisé	0,5
Sb	5	non précisé	0,06
Se	7	non précisé	0,1
Sn			
V			
Zn	200	non précisé	4
CN			
Br-			
Fluorure	500	non précisé	10
Chlorure			800

Sulfate			1 000
Indice phénols		non précisé	1
COT	1000	non précisé	500
Fraction soluble	100 000	non précisé	4 000
Analyses sur déchet			
COT	60 000		30 000
BTEX			6
PCB			1
Hydrocarbures (C10-C40)			500
HAP			50
Dioxines et furannes			

Tableau 8 : Critères d'acceptabilité des déchets en ISDI, ISDnD ou ISDD (source : Arrêté du 30/12/02, Arrêté du 09/09/97, Arrêté du 28/10/2010)

Les seuils d'acceptabilité en installation de stockage ont également fait l'objet d'une Décision Européenne³³. Celle-ci précise les seuils d'acceptabilité pour les trois types d'installation de stockage de déchets.

➤ **Cas des ISDI :**

« Les valeurs limites de lixiviation s'appliquent aux déchets admissibles dans les décharges pour déchets inertes; elles sont calculées, en termes de relargage cumulé, sur la base d'un ratio liquide-solide (L/S) soit de 2 l/kg soit de 10 l/kg; (...) Les États membres déterminent les méthodes d'essai (point 3) et les valeurs limites correspondantes qu'il convient d'utiliser parmi celles figurant au tableau. »

Ces seuils, présentés dans les Tableau 9 et Tableau 10 suivants, sont équivalents aux seuils définis dans la réglementation française pour un L/S = 10 L/kg (Tableau 8).

Essais de lixiviation	L/S =2 l/kg	L/S =10 l/kg	C0 (essai de percolation)
substance	Matière sèche en mg/kg	Matière sèche en mg/kg	mg/l
As	0,1	0,5	0,06
Ba	7	20	4
Cd	0,03	0,04	0,02
Cr total	0,2	0,5	0,1

³³ Décision n°2003/33/CE établissant des critères et procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et l'annexe II de la directive 1999/30/CE, 19 décembre 2002

Cu	0,9	2	0,6
Hg	0,003	0,01	0,002
Mo	0,3	0,5	0,2
Ni	0,2	0,4	0,12
Pb	0,2	0,5	0,15
Sb	0,02	0,06	0,1
Se	0,06	0,1	0,04
Zn	2	4	1,2
Chlorures	550	800	460
Fluorures	4	10	2,5
Sulfates	560 (*)	1 000 (*)	1 500
Indice phénols	0,5	1	0,3
COT sur éluat (**)	240	500	160
FS (fraction soluble)(***)	2 500	4 000	-

(*) Si le déchet ne respecte pas ces valeurs pour le sulfate, il peut encore être jugé conforme aux critères d'admission si la lixiviation ne dépasse pas les valeurs suivantes: 1 500 mg/l de C 0 à un ratio L/S =0,1 l/kg et 6 000 mg/kg à un ratio L/S =10 l/kg. Il est nécessaire d'utiliser un essai de percolation pour déterminer la valeur limite 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 en bâchée ou par un essai de percolation dans des conditions approchant l'équilibre local.

(**) Si le déchet ne satisfait pas aux valeurs indiquées pour le carbone organique total sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai avec un rapport L/S =10 l/kg et un pH compris entre 7,5 et 8. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le COT sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 500 mg/kg (un projet de méthode fondé sur la prénorme européenne n° 14429 est disponible).

(***) Les valeurs correspondant à la fraction soluble (FS) peuvent être utilisées à la place des valeurs fixées pour le sulfate et le chlorure.

Tableau 9 : Critères d'acceptabilité en lixiviation des déchets en ISDI (source : Décision n°2003/33/CE)

Paramètre	Valeur mg/kg
-----------	--------------

COT (carbone organique total)	30 000 (*)
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	6
PCB (polychlorobiphényles congénères) 7	1
Hydrocarbures (C10 à C40)	500
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	Les États membres fixent la valeur limite
(*) Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise par l'autorité compétente, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg soit respectée pour le COT sur éluat pour L/S =10 l/kg, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.	

Tableau 10 : Critères d'acceptabilité des paramètres organiques des déchets en ISDI (source : Décision n°2003/33/CE)

➤ **Cas des ISDnD :**

« Les valeurs limites de lixiviation s'appliquent aux déchets admissibles dans les décharges pour déchets inertes; elles sont calculées, en termes de relargage cumulé, sur la base d'un ratio liquide-solide (L/S) soit de 2 l/kg soit de 10 l/kg; (...) Les États membres déterminent les méthodes d'essai (point 3) et les valeurs limites correspondantes qu'il convient d'utiliser parmi celles figurant au tableau. »

Ces seuils, présentés dans les Tableau 11 et Tableau 12 suivants, ne sont pas repris dans la réglementation française, à ce jour..

Essais de lixiviation	L/S =2 l/kg	L/S =10 l/kg	CO (essai de percolation)
substance	Matière sèche en mg/kg	Matière sèche en mg/kg	mg/l
As	0,4	2	0,3
Ba	30	100	20
Cd	0,6	1	0,3
Cr total	4	10	2,5
Cu	25	50	30
Hg	0,05	0,2	0,03
Mo	5	10	3,5
Ni	5	10	3

Pb	5	10	3
Sb	0,2	0,7	0,15
Se	0,3	0,5	0,2
Zn	25	50	15
Chlorure	10 000	15 000	8 500
Fluorure	60	150	40
Sulfate	10 000	20 000	7 000
COT sur éluat (*)	380	800	250
FS (fraction soluble)(**)	40 000	60 000	-
<p>(*) Si le déchet ne satisfait pas aux valeurs indiquées pour le carbone organique total sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai avec un rapport L/S =10 l/kg et un pH compris entre 7,5 et 8. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le COT sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 800 mg/kg (un projet de méthode fondé sur la prénorme européenne n° 14429 est disponible).</p> <p>(**) Les valeurs correspondant à la FS peuvent être utilisées à la place des valeurs fixées pour le sulfate et le chlorure.</p>			

Tableau 11 : Critères d'acceptabilité en lixiviation des déchets en ISDnD (source : Décision n°2003/33/CE)

Paramètre	Valeur mg/kg
COT (carbone organique total)	5 % (*)
pH	6 au minimum
CNA (capacité de neutralisation acide)	À évaluer
<p>(*) Si cette valeur est dépassée une valeur limite plus élevée peut être admise par l'autorité compétente à condition que la valeur limite de 800 mg/kg soit respectée pour le COT sur éluât, à la propre valeur de pH du matériau ou pour un pH compris entre 7,5 et 8.</p>	

Tableau 12 : Autres critères d'acceptabilité des déchets en ISDnD (source : Décision n°2003/33/CE)

➤ **Cas des ISDD :**

« Les valeurs limites de lixiviation s'appliquent aux déchets admissibles dans les décharges pour déchets inertes; elles sont calculées, en termes de relargage cumulé, sur la base d'un ratio liquide-solide (L/S) soit de 2 l/kg

soit de 10 l/kg; (...) Les États membres déterminent les méthodes d'essai (point 3) et les valeurs limites correspondantes qu'il convient d'utiliser parmi celles figurant au tableau. »

Ces seuils, présentés dans les Tableau 13 et Tableau 14 suivants, sont équivalents aux seuils définis dans la réglementation française pour un L/S = 10 L/kg (Tableau 8).

Essais de lixiviation	L/S =2 l/kg	L/S =10 l/kg	C0 (essai de percolation)
substance	Matière sèche en mg/kg	Matière sèche en mg/kg	mg/l
As	6	25	3
Ba	100	300	60
Cd	3	5	1,7
Cr total	25	70	15
Cu	50	100	60
Hg	0,5	2	0,3
Mo	20	30	10
Ni	20	40	12
Pb	25	50	15
Sb	2	5	1
Se	4	7	3
Zn	90	200	60
Chlorure	17 000	25 000	15 000
Fluorure	200	500	120
Sulfate	25 000	50 000	17 000
COT sur éluat (*)	480	1 000	320
FS (fraction soluble)(**)	70 000	100 000	-
(*) Si le déchet ne satisfait pas aux valeurs indiquées pour le COT sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai avec un rapport L/S =10 l/kg et un pH compris entre 7,5 et 8. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le COT sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 1 000 mg/kg (un projet de méthode			

fondé sur la prénorme européenne n° 14429 est disponible).

(**) Les valeurs correspondant à la FS peuvent être utilisées à la place des valeurs fixées pour le sulfate et le chlorure.

Tableau 13 : Critères d'acceptabilité en lixiviation des déchets en ISDD (source : Décision n°2003/33/CE)

Paramètre	Valeur
Perte au feu (*)	10 %
COT (*)	6 % (**)
CNA (capacité de neutralisation acide)	À évaluer

(*) Il convient d'utiliser soit la perte au feu, soit le COT.

(**) Si cette valeur est dépassée, une valeur limite plus élevée peut être admise par l'autorité compétente à condition que la valeur limite de 1 000 mg/kg pour le carbone organique total sur éluât soit respectée pour L/S =10 l/kg, soit au pH du déchet, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

Tableau 14 : Autres critères d'acceptabilité des déchets en ISDnD (source : Décision n°2003/33/CE)

3.1.1 TERRAINS DE DEPOT DE SEDIMENTS

N.B. : nous n'avons pas trouvé d'information sur le cadre réglementaire lié à l'exploitation des terrains de dépôts et à leur gestion ; des procédures ou consignes existent probablement en interne chez VNF.

La mise en terrain de dépôt des sédiments est une filière de gestion particulièrement intéressante et fréquente pour les sédiments fluviaux. Il est recensé 183 terrains de dépôt en France dont 182 appartiennent aux Voies Navigables de France (VNF). Ceux-ci sont répartis le long des voies d'eau.

Ces terrains, encore en exploitation³⁴, peuvent être utilisés comme surfaces agricoles, espaces naturels ou paysagers ou faire l'objet d'aménagement spécifiques (tels que des observatoires pour la faune, des terrains de loisirs, des zones d'activités économiques, etc.). Ces usages sont définis, en amont de leur mise en exploitation, via la réalisation d'études environnementales et paysagères et plus largement l'élaboration du Schéma Directeur Régional des Terrains de Dépôts (SDRTD) et des Schémas Directeurs des Terrains de Dépôts (SDTD). Ces différents usages ne sont pas forcément incompatibles entre eux et peuvent être mis en œuvre simultanément sur un même terrain de dépôt. C'est le cas pour 31 des 183 terrains de dépôt répertoriés.

Cependant, cette filière de gestion possède ses limites : les capacités de stockage de chacun des terrains de dépôts sont finies. Parmi les 183 terrains recensés,

³⁴ 80 des 183 dépôts recensés peuvent encore être utilisés comme terrains de dépôt et accueillir des sédiments lors d'opérations de curage/dragage futures. La capacité d'accueil est de l'ordre de 12 millions de m³

seuls 80 sont encore en capacité d'accueillir des sédiments de dragages. Cette capacité de stockage est évaluée au total à 12 millions de m³. Ceci contraint les Voies Navigables de France à rechercher perpétuellement de nouveaux terrains exploitables.

Cette filière de gestion a fait, par ailleurs, l'objet de projets de recherche. Parmi eux, peuvent être cités :

- le projet **SEDIDEPOT**³⁵ (durée non précisée ; budget non connu), dirigé par SITA France (en partenariat avec IN VIVO Environnement, INSAVALOR, l'Ecole des Mines de Douai, l'INSA de Lyon, le Laboratoire Départemental du Conseil Général du Var et le Conseil Général du Finistère), dont les objectifs regroupent :
 - l'étude du stockage mono-spécifique temporaire ou définitif, comme filière de gestion des sédiments continentaux et maritimes non-immérgeables, dans le respect de l'environnement et de la réglementation en vigueur, au travers :
 - d'essais en laboratoire et travaux de modélisation afin d'acquérir un certain nombre de connaissances sur le comportement mécanique et hydrodynamique, le comportement à la lixiviation, le contrôle des effluents liquides, émanations gazeuses et olfactives ;
 - d'essais sur un site pilote, équipé de cellules destinées aux sédiments contaminés et munies de matériaux spécifiques imperméables et de systèmes de récupération des effluents ;
 - la rédaction d'un guide opérationnel intégrant les notions techniques, réglementaires, économiques et environnementales en lien avec cette filière ;
 - une contribution à l'émergence d'une réglementation aboutie.

- le projet ANR (ECOT) **SEDIGEST**³⁶ (2008-2011, 1 600 k€), dirigé par l'Ecole Nationale des Travaux Public (en partenariat avec le BRGM, IN VIVO, PME, l'INERIS et l'INSA) dont les objectifs regroupent
 - une maîtrise approfondie des mécanismes physiques, chimiques et biologiques du comportement des substances polluantes ;
 - une maîtrise approfondie des différents processus de transformation de la matière, d'un point de vue chimique mais aussi biologique, mis en jeu dans le cadre du stockage ;
 - une connaissance détaillée des conditions de stockage, conditions météorologiques (pluviométrie, température, etc.) et de l'éventuelle

³⁵ Ce projet s'inscrit dans la continuité du projet SEDIMARD. Il a été financé par le MEDDE et le conseil Général du Finistère

³⁶ Projet de recherche financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), le conseil Général du Var et le Conseil Général du Finistère

mise en contact des matériaux avec d'autres composés (potentiellement toxiques) ;

- le développement d'un outil adapté à l'évaluation des risques liés au stockage à terre des sédiments de dragage des ports (acquisition de connaissances suffisantes et nécessaires aux différentes étapes vis-à-vis de la formulation du problème, la caractérisation de l'exposition des écosystèmes cibles, des effets des flux de polluants sur les écosystèmes et caractérisation finale des issues)³⁷.
- le projet **PCB-AXELERA**³⁸ (2008-2012, 10 500 k€) initié par le Ministère en charge de l'environnement, et dont le volet « *recherche appliquée sur les techniques de dépollution de son plan national d'actions sur les PCB* » a été confié au pôle de compétitivité Axelera. Plus particulièrement, l'un des axes de recherche consacré aux technologies de traitement des solutions de stockages à terre des sédiments a pour objectif la rédaction d'un rapport de synthèse sur les aspects réglementaires et techniques du stockage à terre des sédiments contaminés aux PCB a été rédigé.
- Le projet **PhytoSED Echelle 1**³⁹ (2010, 2014, 630 k€), dirigé par l'INERIS, étudiant l'efficacité et la pérennité de la phyto-stabilisation aidée couplée à une valorisation biomasse en bois énergie en tant de filière de valorisation des sédiments pollués par les éléments traces, et dont les objectifs principaux sont :
- l'étude du dynamisme d'espèces végétales sélectionnées et spontanées sur le dépôt,
 - l'étude de l'effet des amendements sur la mobilité des éléments traces présents dans les sédiments,
 - le développement des tests permettant l'évaluation des effets écotoxicologiques potentiels sur les plantes et les organismes vivants, au contact des sédiments pollués
 - l'évaluation de la technique tout au long de la filière en termes de faisabilité technique, d'impacts environnementaux et d'intérêt économiques.

³⁷ SEDIGEST "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", 2011

³⁸ Programme de recherche financé par le Fond Unique Interministériel (FUI), les Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) et les collectivités locales de la région Rhône Alpes

³⁹ Projet de recherche co-financé par l'ADEME

4. FILIERES DE VALORISATION A TERRE DES SEDIMENTS

Les filières de valorisation à terre des sédiments font l'objet d'un intérêt grandissant de la part des gestionnaires des ports et des voies navigables de France (VNF). Cet intérêt est motivé par trois principales raisons :

- la réglementation qui rend de plus en plus difficile « le clapage » des sédiments dragués et qui tient compte, depuis une dizaine d'années, de la qualité des sédiments dans le cadre de la démarche de gestion ; elle contraint les gestionnaires à la mise en dépôt/en décharge d'un volume significatif de sédiments contaminés,
- la révision à la baisse des seuils de gestion (ex. récent des seuils PCB) dont la principale conséquence est d'augmenter les volumes devant être traités à terre,
- l'aspect financier, puisque la valorisation des sédiments permettrait aux gestionnaires de transformer un matériau aujourd'hui considéré comme un déchet, en un matériau ayant une valeur d'usage, source d'économies voire de profits.

Les filières de valorisation à terre des sédiments sont multiples. Pour autant, leur mise en œuvre à une échelle industrielle n'est pas si simple. Les filières de valorisation envisageables dépendent :

- des propriétés des sédiments dragués, afin de répondre au cahier des charges de la filière de valorisation envisagée ; c'est le cas par exemple, de leurs propriétés mécaniques pour les filières du BTP,
- de la composition chimique des sédiments dragués, afin de répondre au cahier des charges en matière de respect de l'environnement de l'ouvrage.

Le plus souvent, des procédés de prétraitement et/ou de traitement doivent être envisagés.

A cela, s'ajoutent les contraintes géographiques entre la localisation des opérations de dragages, des opérations de traitement et celle de la valorisation du matériau en tant que tel (mise en œuvre de l'ouvrage de BTP, par exemple). S'ajoutent également les contraintes financières du gestionnaire (rentabilité), notamment lorsque des procédés de prétraitement ou de traitement significatifs sont nécessaires pour transformer le matériau brut en matériau valorisable.

4.1 PROCEDES DE TRAITEMENT ET DE PRETRAITEMENT DES SEDIMENTS

Au regard des propriétés intrinsèques des matériaux extraits, de nature mécanique ou chimique, et ce, quelle que soit l'origine des sédiments (marins ou continentaux), différents procédés de prétraitement et/ou traitement peuvent être envisagés afin de répondre aux besoins particuliers de la filière envisagée (cahier des charges technique et environnemental spécifique).

4.1.1 PROCEDES DE PRETRAITEMENT

Suite à leur extraction, les sédiments peuvent faire l'objet d'un prétraitement avant d'être transportés ou de subir un traitement supplémentaire directement sur site.

Cette étape a pour but de séparer les encombrants et détritux curés des sédiments et de diminuer leur teneur en eau. Les procédés de prétraitement sont, le plus souvent, des procédés physiques, dont parmi eux :

- **des procédés de tri physique** : dégrillage, criblage, dessablage, etc.
- **des procédés de déshydratation** : décantation (bassins ou lagunes), décantation lamellaire (sous vide), filtre presse, filtre à bande, presseur, centrifugation/hydro-centrifugation, etc.

Les sédiments peuvent ensuite, au besoin, être transportés (par camion, pipeline, barge et chaland, train ou convoyeur) vers une unité de traitement ou être transformés sur site dans le cas d'une plateforme de traitement, par exemple.

4.1.2 PROCÉDES DE TRAITEMENT

Les procédés de traitement ont pour objectif de transformer le matériau dragué, le plus souvent préalablement prétraité, afin de répondre aux cahiers des charges technique et environnemental de la filière de valorisation choisie par le gestionnaire.

Sont distinguées, classiquement, trois grandes familles de procédés :

- **les procédés biologiques**, qui utilisent la capacité de certains micro-organismes à absorber comme nutriments et dégrader les substances organiques et les polluants (HAP, PCB, dérivés chlorés, hydrocarbures). L'efficacité de ces méthodes est fonction des conditions du milieu (température, oxygène, teneurs en nutriments) ainsi que des possibilités des micro-organismes à utiliser les polluants pour leur propre développement. Ces biotechnologies sont applicables, soit in situ, soit par épandage des sols, soit dans des bioréacteurs.

Parmi les procédés biologiques les plus connus, figurent la bioremédiation, le biolavage/biolixiviation, etc.

- **l'extraction physico-chimique** qui consiste à extraire du sédiment, les contaminants adsorbés sur les particules argileuses, à l'aide d'un fluide contenant des agents d'extraction. Ces agents sont divers et adaptés en fonction de la ou des substances cibles : mélange d'eau et d'acides, de bases ou de produits complexants ou chélatants, des solvants organiques (hydrocarbures, alcools...), du gaz (fréon, CO₂, propane).

Parmi les procédés physico-chimiques les plus connus, figurent la flottation, les lavages chimiques, etc.

- **les traitements thermiques** qui soumettent les sédiments à des températures élevées, de l'ordre de 450 à 650° C pendant quelques dizaines de minutes, ce qui permet d'éliminer certains métaux (arsenic, cadmium et mercure) par volatilisation et les substances organiques par combustion ou pyrolyse. L'immobilisation consiste à piéger les contaminants dans des matrices solides.

Parmi les procédés thermiques les plus connus, sont distingués : la désorption thermique, la pyrolyse, l'oxydation humide, les bains de sels fondus, etc.

- **les traitements d'immobilisation** qui permettent de piéger les substances ciblées, dans des matrices solides. Les polluants ne peuvent alors être émis dans l'environnement.

Parmi les procédés thermiques les plus connus, sont distingués : la solidification ou stabilisation à froid et la vitrification à très haute température.

4.1.3 ETAT DES CONNAISSANCES ET INNOVATIONS EN MATIERE DE TRAITEMENT DES SEDIMENTS

En ce qui concerne les procédés de traitement des sédiments, étape essentielle précédant la valorisation des matériaux, de nombreux projets de recherche ont été réalisés ces dernières années ou sont encore en cours actuellement. Parmi eux, peuvent être cités :

- le projet **SEDIMARD** (2002-2007 ; budget non connu), dirigé par le Conseil Général du Var (en partenariat avec IN VIVO, ECOTERRES, INSAVALOR/Polden, le Conseil Général des Alpes Maritimes, la Communauté Urbaine de Marseille Provence Métropole, la Marine Nationale, la CCI du Var, le Conseil Général du Finistère, le port de Ravenne (Italie), le port de Venise (Italie)), a permis :
 - la mise en œuvre d'une plate-forme "in situ" pilote de 8000 m² située à la Seyne-sur-Mer (83), pour l'expérimentation de différents procédés de traitement et prétraitement sur une dizaine de sédiments portuaires issus des ports partenaires, dont au moins un des constituants dépassait le seuil N1. Les procédés de traitement mis en œuvre sont :
 - la séparation granulaire,
 - la déshydratation par filtre presse,
 - la bioremédiation,
 - la phosphatation,
 - le procédé Novosol[®],
 - la calcination,
 - les procédés de stabilisation/solidification à base de liants hydrauliques (chaux, ciment) ont également été étudiés, en parallèle.
- Le projet **PROPSÉD**⁴⁰ (ANR 2007-2010 ; 3 400 k€), initié par le BRGM (en partenariat avec Extract-Eco-Terre), a permis :
 - le développement de **techniques innovantes et économiques** pour le traitement et la valorisation des sédiments de curage ne pouvant être immergés, notamment à partir de méthodes de tri physique ou physico-chimique (**séparation de la fraction valorisable** (20 - 80 µm) **non polluée et sans matière organique de la fraction ultrafine** (0 - 20µm) **contenant la matière organique et**

⁴⁰ Projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche

potentiellement, la pollution). « Les essais ont estimé un taux de valorisation entre 18 et 23% en masse de la fraction fine des sédiments dragués et une part non valorisable abaissée en moyenne de 20% par rapport aux procédés actuels ». Le procédé est opérationnel et peut être directement intégrés aux lignes de traitement physiques actuellement utilisées par les industriels.

- le projet **PCB-AXELERA**⁴¹ (2008-2012, 10 500 k€) initié par le Ministère en charge de l'environnement, et dont le volet « *recherche appliquée sur les techniques de dépollution de son plan national d'actions sur les PCB* » a été confié au pôle de compétitivité Axelera. Plus particulièrement, l'un des axes de recherche consacré aux technologies de traitement des solutions de stockages à terre des sédiments a pour objectif la rédaction d'un rapport de synthèse sur les aspects réglementaires et techniques du stockage à terre des sédiments contaminés aux PCB a été rédigé.

- le projet **DEPOLTEX**⁴² (2010- ? ; 3 400 k€), dirigé par IDRA Environnement (en partenariat avec DYLCO AFITEX, BAUDELET, NECO Eco, NORDLY SAS, ARMINES, l'ENSAIT, l'IFTH l'Université de Sciences et Technologie de Lille), co-financé par le Fui et les collectivités territoriales, a pour objectif de :
 - concevoir des **géotextiles fonctionnalisés** associant des propriétés de dépollution de sédiments et boues contaminés par les métaux lourds, afin de mieux maîtriser les risques immédiats (en phase de dragage et de stockage) mais aussi de maîtriser les risques futurs de diffusion et de dispersion des polluants dans le temps.
 - concevoir **une unité mobile ou fixe, ayant la capacité de dépolluer les sédiments** pour leur réutilisation et valorisation sur site.
 - concevoir un **outil technique permettant de décider du protocole de traitement** à mettre en œuvre selon la concentration des polluants captés.

Ce projet est complémentaire du projet SEDIMED et la Rade de Toulon est impliquée dans le groupe d'utilisateurs finaux.

- le projet **COVASED**⁴³ (2012-2015 ; 48 000 k€), dirigé par SEDIGATE⁴⁴ vise :

⁴¹ Programme de recherche financé par le Fond Unique Interministériel (FUI), les Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) et les collectivités locales de la région Rhône Alpes

⁴² Projet de recherche financé par le fond unique interministériel (FUI) et les collectivités territoriales

⁴³ Projet de recherche financé par la Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services, les Ports Normands Associés (PNA), l'Autorité Portuaire de Caen-Ouistreham et de Cherbourg, le Centre d'Etudes Techniques et de l'Equipement de Rouen

- la construction d'une **plate-forme mobile de traitement** et de valorisation des sédiments à haute capacité, capable de déshydrater les matériaux en continu.
 Dans le cas de produits à hautes performances, l'intérêt sera porté sur l'élaboration de matériaux alternatifs pour la construction avec des formulations à base de liants écologiques (infrastructures routières, couches de fondation, remblais...)
 Dans le cas de performances faibles et de sédiments contaminés, il sera étudié d'autres applications potentielles comme le comblement de cavités.
 - la mise en place d'un **outil d'aide à la décision pour optimiser les différents prétraitements** choisis selon
 - les caractéristiques du matériau,
 - les filières de valorisation à terre des sédiments (choisies selon les performances mécaniques, environnementales et économiques du produit obtenu).
 - la définition de **filières de valorisation opérationnelles à l'échelle régionale Haute et Basse Normandie** et qui pourra être ensuite transposée à d'autres régions.
- Le projet **SEDIRADE**⁴⁵ (2012-2017 ; budget non connu) dirigé par Extract Eco Terre (en partenariat avec IN VIVO Environnement, le BRGM, l'Université de Bretagne Sud, le Cap de l'Orient agglomération) et financé par l'ADEME, vise :
- le développement d'une gestion **intégrée pérenne des sédiments dragués orphelins de filière**, grâce :
 - au développement d'un modèle **de plateforme industrielle de tri, prétraitement, traitement et valorisation des sédiments et de stockage des sédiments non-immmergeables**.
 - la création de **deux centres expérimentaux** dans une démarche environnementale et sociale exemplaire (transport par voie d'eau, stabilisation des sédiments pour réduire les nuisances potentielles, information et consultation des habitants et usagers) et pouvant traiter jusqu'à 25 000 m³/an de sédiments :
 - un premier centre de **tri, prétraitement et traitement** permettant de générer des **matériaux alternatifs** (MTA) valorisables dans les travaux de voirie et d'aménagement du territoire,
 - un deuxième centre permettant de **stocker les déblais non-valorisables** immédiatement.
 - la conduite d'un accompagnement et d'une analyse d'acceptabilité sociale du projet indispensables à l'information et à la concertation.

⁴⁴ Société SEDIGATE (SEDiments Gestion A Terre), <http://www.sedigate.com/>

⁴⁵ Projet de recherche financé par l'Ademe

La maîtrise des procédés de prétraitement et de traitement permet aujourd'hui la mise en œuvre, dans le cadre de projets de recherche, de plateformes de tri, de prétraitement et de traitement des sédiments bruts en vue de leur valorisation à terre. Des outils d'aide à la décision sont également en cours de développement, afin d'optimiser les procédés de traitement en fonction du matériau brut et du cahier des charges techniques et environnemental de la filière de gestion la plus pertinente.

Les travaux de recherche menés permettent l'acquisition de nouvelles connaissances et contribuent peu à peu au passage d'une plateforme à échelle expérimentale à une plateforme à échelle industrielle. Des procédés et des plateformes de traitement ont d'ailleurs été développés par des industriels eux-mêmes.

➤ *Centres et plateforme de traitement (liste non exhaustive) :*

- le centre de traitement SEDISOL (<http://www.sedisol.be/>) ;
- la plateforme de traitement du Centre Terre et Pierre (CTP), Centre de Recherche Agréé par la région Wallonne (CRA) (<http://www.ctp.be/fr/presentation/>);

Ces centres de traitement, dédiés aux traitements des sédiments sont implantés en Belgique. En France, il n'existe pas, à ce jour, de centre opérationnel de traitement dédié aux sédiments. Cependant, des entreprises françaises ont développé des procédés de traitement applicables aux sédiments de dragages. Certaines ont mis en place des procédés au sein de centres de traitement plus polyvalents (centre de traitement de terres au sens large, par exemple).

➤ *Procédés de traitement (liste non exhaustive) :*

- NEMEAU[®], procédé déshydratation « dynamique » par décantation permettant la séparation solide – liquide, la récupération des grossiers en premier lieu, la déshydratation et la récupération des boues et le renvoi d'une eau claire dans le milieu naturel (<http://www.sedigate.com/fr/d-ydratation---le-proc--nemeau--gc5.html>) ;
- NOVOSOL[®], procédé de stabilisation des résidus minéraux contaminés par des métaux lourds et des composés organiques, développé par Solvay Chemicals (http://www.solvaychemicals.com/SiteCollectionDocuments/Novosol/Novosol_Brochure_FR.pdf) ;
- Biocentre[®], procédé de traitement de terres polluées aux hydrocarbures, développé par SITA FD (<http://www.environnement-industrie.com/File/evenements/grenelleetdechets/pdf/SITABellegarde.pdf>) ;
- BiogenesisSM Sediment Washing Technology, procédé de traitement des sols et des sédiments pollués par des composés organiques et inorganiques, développé par BioGenesis Enterprises, Inc (<http://www.biogenesis.com/venicedocs/1washing.pdf>) ;

- VBC3000, procédé de traitement et de valorisation des boues de dragages dans des matériaux céramiques (granulats allégés), par VBC 3000 (<http://www.vbc3000.fr/en/procede.html>)

Ces unités de traitement, mobiles ou fixes, mettent en œuvre de multiples procédés (criblage, déshydratation, phosphatation, calcination, bioremédiation, flottation, etc.) et permettent de répondre aux besoins de différentes filières.

Elles sont soumises à la réglementation en lien avec les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et la Loi sur l'Eau.

Reste cependant un point important pour le développement de ce marché :

- **le développement des filières de valorisation et des marchés associés (matériau de BTP, épandage...), utilisant des matériaux alternatifs, dans lesquelles les sédiments pourraient s'insérer, suscitant ainsi une demande de la part des gestionnaires et une dynamique économique ;**

La levée de ce verrou conditionne l'essor de centres de traitement à échelle industrielle, répondant aux besoins spécifiques des filières de valorisation des sédiments et des caractéristiques particulières de ces matériaux (teneur en eau, granulométrie, etc.).

4.2 FILIERES DE VALORISATION

Le choix de la filière de destination des sédiments doit satisfaire plusieurs critères, notamment la réglementation en vigueur (travaux soumis à autorisation, déclaration, etc.), et le contrôle et maîtrise de l'impact environnemental des filières. La filière de valorisation doit également permettre la mise en œuvre de la meilleure technique disponible à un coût économiquement acceptable.

Aujourd'hui, un certain nombre de filières de valorisation des sédiments de dragage sont reconnues. Celles-ci sont présentées dans le Tableau 15.

filière	régilage rechargement des plages renforcement dunaire ou de berges	remblaiement			travaux du BTP			
		buttes paysagères	berges	terre-plein ou polder	matériaux en contact avec l'eau	matériaux de construction		matériaux routiers et voiries
						bétons	briques	
milieu concerné	-> plages -> cours d'eaux, -> canaux, -> fossés,	-> multiples environnements possibles (rural ou urbain)			-> ports, -> fossés, -> réseaux d'assainissement, -> aménagement divers en bordure de cours d'eau -> aménagement côtier divers	-> bâtiments (béton, enduits), -> voiries, -> réseaux d'assainissement,	-> brique de façade, -> brique creuse à perforations horizontales, -> brique à perforations verticales, -> brique à propriétés thermiques, -> brique plâtrière,	-> remblais, -> couche de forme ou sous-couche routière
objectifs	-> compenser l'érosion des zones (côtières notamment), due à des phénomènes naturels (vagues, vent, etc.) et/ou anthropiques	-> valorisation des sédiments en tant que matériaux de construction (remblai principalement)			-> valorisation de la fraction sableuse des sédiments dragués en tant que matériaux de construction (béton, ciment, etc.).	-> valorisation des fractions sableuses à gravillonnaires des sédiments	-> valorisation des fractions fines des sédiments	-> valorisation à terre des sédiments en répondant à des besoins importants en matériaux, avec de faibles exigences techniques
principe	dépôt des matériaux dragués sous la forme de bande, le long des rives et côtes érodées	sédiments de dragage utilisés en tant que remblai			<i>variable selon le matériau de construction choisi</i>	utilisation d'un liant hydraulique (béton hydraulique - béton de ciment) ou hydrocarboné (béton bitumineux - grave bitume) pour l'obtention du matériau de construction désiré, selon le cahier des charges	réutilisation du matériau de dragage fin après un certain nombre de traitements (séparation, déshydratation, moulage, cuisson, dégazage)	réutilisation du matériau en tant que remblais ou sous-couche routière, après traitement et/ou prétraitement selon la qualité du matériau initial et de ses propriétés intrinsèques
techniques	-> pelleuse, -> benne preneuse, -> camion, -> etc.	-> pelleuse, -> benne preneuse, -> camion, -> etc.			<i>variables selon le matériau de construction choisi la qualité du matériau initial (nature, état, propriétés mécaniques, propriétés environnementales)</i>	<i>variables selon le type de béton choisi la qualité du matériau initial (nature, état, propriétés mécaniques, propriétés environnementales)</i>	-> séparation des silts des autres types de sédiment présents, -> déshydratation, -> moulage, -> cuisson, -> dégazage	<i>variables selon la qualité du matériau initial (nature, état, propriétés mécaniques, propriétés environnementales)</i>
caractéristiques intrinsèques des sédiments	-> matériaux non contaminés, -> matériaux possédant une fraction sableuse > 75%, -> granulométrie des matériaux identique ou légèrement supérieure au matériau naturellement présents, -> couleur des matériaux proches des matériaux naturellement présents	nc			-> caractéristiques techniques des sédiments correspondant au type de matériau choisi (granulométrie, etc.) (cf. normes en vigueur)	-> matériau valorisable de type sable et/ou gravillon (selon le cahier des charges techniques du type de béton considéré - cf. normes en vigueur),	-> matériau valorisable de granulométrie fine ou silts (selon le cahier des charges techniques de la brique considérée - cf. normes en vigueur),	nc
risque majeur	-> dispersion/émission des contaminants dans les milieux naturels (eau, air, sol), selon le projet d'aménagement mis en œuvre,	-> contamination des eaux de percolation (lixiviats),			-> dispersion/émission des contaminants dans les milieux naturels, selon le projet d'aménagement mis en œuvre,	-> dispersion/émission des contaminants dans les milieux naturels (eau de ruissellement, nappe, air, sol), -> dispersion/émission des contaminants dans les milieux naturels (nappe, eau de ruissellement, air, sol),	-> dispersion/émission des contaminants dans les milieux naturels (nappe, eau de ruissellement, air, sol),	-> dispersion/émission des contaminants dans les milieux naturels (nappe, eau de ruissellement, air, sol),
précautions d'usage pouvant être envisagées	-> couplage à une mise en confinement dans le cas d'un matériau contaminé, -> couplage à un système d'évacuation des eaux de ruissellement.	-> caractérisation approfondie des sédiments utilisés (d'un point de vue mécanique et environnemental), -> connaissance et maîtrise du comportement des composés polluants dans ces types de matériaux, -> mise en place d'un réseau de drainage,			-> caractérisation approfondie des sédiments utilisés (d'un point de vue mécanique et environnemental), -> connaissance et maîtrise du comportement des composés polluants dans ces types de matériaux	-> caractérisation des sédiments utilisés approfondie (d'un point de vue mécanique et environnemental), -> connaissance et maîtrise du comportement des composés polluants dans ces types de matériaux -> traitement et/ou récupération des eaux de ruissellement, -> etc., -> caractérisation des sédiments utilisés approfondie (d'un point de vue mécanique et environnemental), -> connaissance et maîtrise du comportement des composés polluants dans ces types de matériaux -> traitement et/ou récupération des eaux de ruissellement, -> etc.,	-> caractérisation des sédiments utilisés approfondie (d'un point de vue mécanique et environnemental), -> connaissance et maîtrise du comportement des composés polluants dans ces types de matériaux -> traitement et/ou récupération des eaux de ruissellement, -> etc.,	
transport le plus souvent associé/ le plus approprié	-> camion -> pelle mécanique,	-> camions			nc	nc	-> camion,	-> camion,
procédé de traitement le plus souvent associé	nc	-> traitement et/ou prétraitement envisageable en fonction des contraintes environnementales (réglementation ?) et des usages futurs			-> traitement et/ou prétraitement envisageable en fonction des contraintes environnementales (réglementation ?) et des usages futurs	-> traitement et/ou prétraitement envisageable en fonction des contraintes environnementales (réglementation ?) et des usages futurs	-> traitement et/ou prétraitement envisageable en fonction des contraintes environnementales (réglementation ?) et des usages futurs	-> traitement et/ou prétraitement envisageable en fonction des contraintes environnementales et des usages futurs (type de route/voiries)

filière	régilage rechargement des plages renforcement dunaire ou de berges	remblaiement			travaux du BTP			
		buttes paysagères	berges	terre-plein ou polder	matériaux en contact avec l'eau	matériaux de construction		matériaux routiers et voiries
						bétons	briques	
niveau de contamination	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire spécifique aux sédiments de dragage,	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire spécifique aux sédiments de dragage,	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire spécifique aux sédiments de dragage,	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire spécifique aux sédiments de dragage, -> absence de contraintes en lien avec la réglementation REACH, -> méthodologie d'évaluation environnementale proposée par INSAVALOR (POLDEN) basée sur l'article R541-8 du Code de l'Environnement, la Directive 1999/31/CE et la norme EN-12 620	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire spécifique aux sédiments de dragage,	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire spécifique aux sédiments de dragage, -> Guide SETRA "Acceptabilité des matériaux alternatifs en techniques routières - Evaluation environnementale"		
réglementation afférente	-> Directive 97/11/CE, -> Directive 2006/7/CE. -> travaux soumis aux permis de stationnement et/ou d'occupation du Domaine Public Maritime (DPM) , au titre de la Loi sur l'Eau du Code de l'environnement et du Code de l'Urbanisme, <i>(avec dispense de déclaration préalable ou du permis d'aménager, article R425-8 du Code de l'Urbanisme)</i> , -> travaux soumis à la procédure de déclaration et/ou autorisation , au titre de la Loi sur l'Eau (rubrique 4.1.2.0 de la nomenclature), -> travaux soumis à la procédure d'autorisation d'occupation temporaire (AOT) , <i>dans le cadre d'un rechargement de plage</i> , -> travaux soumis à la procédure de superposition d'affectation , au titre du code général de la propriété des personnes publiques, <i>dans le cadre d'un confortement dunaire</i> , -> travaux soumis à la procédure d'autorisation , au titre du code général de la propriété des personnes publiques, <i>dans le cas d'une circulation de véhicules motorisés sur l'estran</i> , -> d'après les décrets n°2011-2018 et n°2011- 2019 du 29/12/2011 et l'article R123-1 du Code de l'environnement : - dès lors que le volume de sable utilisé pour le rechargement de plage ou le confortement dunaire est > 10 000 m³ , la réalisation d'une étude d'impact ainsi que d'une enquête publique s'imposent, - dès lors que le volume de sable utilisé pour le rechargement de plage ou le confortement dunaire est < 10 000 m³ , la réalisation de l'étude d'impact peut être dispensée, au cas par cas, sur la base des informations renseignées sur la base du formulaire spécifique dit formulaire CERFA (arrêté du 26/07/2012); dans le cas contraire,	-> le cahier des charges techniques doit répondre à un certain nombre de critères mécaniques et géotechniques tels que définis dans le Guide des Terrassements Routiers (GTR): nature, état, comportement des matériaux selon les usages envisagés, procédés de compactages, -> 3 normes européennes et une norme française encadrent les pratiques: NF EN 13 242, NF EN 13 043, NF EN 12 620 et NF P 18 545, -> guide technique " <i>Réalisation des remblais et des couches de formes</i> " SETRA, LCPC -> absence de réglementation concernant la qualité environnementale des sédiments valorisables -> guide d'usage de l'ADEME: "Evaluation de l'éco compatibilité des scenario de stockage et de valorisation des déchets"	-> selon les matériaux envisagés, différents documents (normes) portant sur les caractéristiques techniques de la matière première sont disponibles (Directive produits de construction, arrêté du 27/06/2003, décret n°92-647 du 8/07/1992 modifié par le décret du 95-1051 du 20/09/1995, les normes NF EN 12 620, NF EN 13 055, NF P18-545, NF EN 206- 1, NF P 18-201) -> absence de réglementation concernant la qualité environnementale des matériaux de construction issus de la valorisation des sédiments sableux à gravillonnaires.	-> selon les matériaux envisagés, différents documents (normes) portant sur les caractéristiques techniques de la matière première sont disponibles (Directive produits de construction, arrêté du 27/06/2003, décret n°92-647 du 8/07/1992 modifié par le décret du 95-1051 du 20/09/1995, les normes NF EN 12 620, NF EN 13 055, NF P18-545, NF EN 771- 1 COMPIL), -> absence de réglementation concernant la qualité environnementale des matériaux de construction issus de la valorisation des sédiments fins (silts).	-> le cahier des charges techniques doit répondre à un certain nombre de critères mécaniques et géotechniques tels que définis dans le Guide des Terrassements Routiers (GTR): nature, état, comportement des matériaux selon les usages envisagés, procédés de compactages, -> 3 normes européennes et une norme française encadrent les pratiques: NF EN 13 242, NF EN 13 043, NF EN 12 620 et NF P 18 545, -> absence de réglementation concernant la qualité environnementale des matériaux issus de la valorisation des sédiments, en technique routière , -> parution en 2011, d'un guide méthodologique pour l'évaluation environnementale des matériaux alternatifs, valorisables en techniques routières (guide SETRA), non spécifique aux sédiments (évaluation environnementale basée sur les normes NF EN 12 457-2, NF EN 12 457-4, NF CEN/TS 14 405, NF EN 12 920)			

	une étude d'impact proportionnée est réalisée							
filiale	régilage rechargement des plages renforcement dunaire ou de berges	remblaiement			matériaux en contact avec l'eau	travaux du BTP		matériaux routiers et voiries
		buttes paysagères	berges	terre-plein ou polder		bétons	briques	
avantages	-> proximité des zones où les matériaux peuvent être valorisés et des zones de dragages	-> filière de valorisation répondant à des besoins importants du secteur BTP			nc	-> filière de valorisation répondant à des besoins importants du secteur BTP		-> filière de valorisation répondant à des besoins importants du secteur "construction routière", -> limite l'exploitation des carrières
limites/contraintes	-> absence d'une réglementation environnementale adaptée de manière spécifique aux sédiments de dragage et à leurs singularités, -> manque de retour d'expérience concernant la dispersion dans l'environnement des micropolluants et de leur impact sur l'environnement et la santé.	-> absence de réglementation environnementale appropriée, actuellement pour encadrer les pratiques, -> manque de retour d'expérience provenant de projet de recherche pour cette application précise (tant d'un point de vue mécanique qu'environnemental)			-> absence de réglementation environnementale appropriée, actuellement pour encadrer les pratiques, -> manque de retour d'expérience provenant de projet de recherche pour cette application précise (tant d'un point de vue mécanique qu'environnemental)	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire adaptée de manière spécifique aux sédiments de dragage et à leurs singularités, -> manque de retour d'expérience provenant de projet de recherche pour cette application précise (d'un point de vue environnemental), -> manque de retour d'expérience concernant la dispersion dans l'environnement des micropolluants et de leur impact sur l'environnement et la santé.	-> absence de réglementation spécifique adaptée de manière spécifique aux sédiments de dragage et à leurs singularités,, -> manque de retour d'expérience, au travers de projet s de recherche pilotes, -> manque de retour d'expérience concernant la dispersion dans l'environnement des micropolluants et de leur impact sur l'environnement et la santé.	
coûts (euros/m3)	> 5	dès 7.53 (hors ouvrage, hors frais de transport)			nc	varie selon le type de matériau et son application		varie selon le type de matériau et son application
applications à échelle industrielle	nc	nc			nc	nc	-> usine de fabrication à Hambourg avec une production de 5 millions de briques / an "La difficulté est de s'assurer que pendant l'utilisation des briques et après la démolition des bâtiments, il ne pourra y avoir de lixiviation excessive d'arsenic et de métaux lourds. Les sédiments des ports de Brême sont déshydratés puis conduits à la briqueterie Hanseaten Stein près de Hambourg. Les sédiments portuaires contiennent en moyenne 15 mg/kg d'arsenic, 340 mg/kg d'hydrocarbures, 790 mg/kg de zinc, 122 mg/kg de plomb, 0,3 mg/kg de mercure et 0,22 mg/kg de PCB. 200 tonnes de sédiments déshydratés sont mélangées à un broyat de briques loupées de fabrication (10%) et à 2 argiles."	nc

filiale	régilage rechargement des plages renforcement dunaire ou de berges	remblaiement			travaux du BTP			
		buttes paysagères	berges	terre-plein ou polder	matériaux en contact avec l'eau	matériaux de construction		matériaux routiers et voiries
						bétons	briques	
implication dans des projets de recherche	nc	<p>-> projet de recherche SEDIMATERIAUX (apporter une réponse adaptée et dimensionnée à la problématique de la gestion et de valorisation terrestre des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; comprend la réalisation, dans un cadre environnemental maîtrisé, de plusieurs ouvrages opérationnels à une échelle limitée mais significative, intégrant des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; ces ouvrages démontreront la faisabilité technique, environnementale, économique et sociétale d'une ou plusieurs filières de valorisation des sédiments et fourniront les données essentielles à l'évolution réglementaire de la gestion terrestre des sédiments)</p> <p>-> projet de recherche SEDIMED (faire émerger et conforter au niveau national des filières économiques de traitement et de gestion des sédiments marins (pilotes à une échelle significative) ; éclairer et enrichir les travaux et investigations du MEDDTL en vue d'un accompagnement sur la dimension réglementaire; proposer des outils dont un guide méthodologique et un centre d'expertise et de ressources)</p>	<p>-> projet de recherche SEDIMATERIAUX (apporter une réponse adaptée et dimensionnée à la problématique de la gestion et de valorisation terrestre des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; comprend la réalisation, dans un cadre environnemental maîtrisé, de plusieurs ouvrages opérationnels à une échelle limitée mais significative, intégrant des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; ces ouvrages démontreront la faisabilité technique, environnementale, économique et sociétale d'une ou plusieurs filières de valorisation des sédiments et fourniront les données essentielles à l'évolution réglementaire de la gestion terrestre des sédiments)</p> <p>-> projet de recherche SEDIMED (faire émerger et conforter au niveau national des filières économiques de traitement et de gestion des sédiments marins (pilotes à une échelle significative) ; éclairer et enrichir les travaux et investigations du MEDDTL en vue d'un accompagnement sur la dimension réglementaire; proposer des outils dont un guide méthodologique et un centre d'expertise et de ressources)</p>	<p>-> projet de recherche SEDIMATERIAUX (apporter une réponse adaptée et dimensionnée à la problématique de la gestion et de valorisation terrestre des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; comprend la réalisation, dans un cadre environnemental maîtrisé, de plusieurs ouvrages opérationnels à une échelle limitée mais significative, intégrant des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; ces ouvrages démontreront la faisabilité technique, environnementale, économique et sociétale d'une ou plusieurs filières de valorisation des sédiments et fourniront les données essentielles à l'évolution réglementaire de la gestion terrestre des sédiments)</p> <p>-> projet de recherche SEDIMATERIAUX (apporter une réponse adaptée et dimensionnée à la problématique de la gestion et de valorisation terrestre des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; comprend la réalisation, dans un cadre environnemental maîtrisé, de plusieurs ouvrages opérationnels à une échelle limitée mais significative, intégrant des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; ces ouvrages démontreront la faisabilité technique, environnementale, économique et sociétale d'une ou plusieurs filières de valorisation des sédiments et fourniront les données essentielles à l'évolution réglementaire de la gestion terrestre des sédiments)</p>	<p>-> projet de recherche mis en œuvre sur le sujet en Wallonie, Solindus (Centre Terre et Pierre)</p>	<p>-> projet de recherche SEDIMATERIAUX (apporter une réponse adaptée et dimensionnée à la problématique de la gestion et de valorisation terrestre des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; comprend la réalisation, dans un cadre environnemental maîtrisé, de plusieurs ouvrages opérationnels à une échelle limitée mais significative, intégrant des sédiments de dragage portuaires et fluviaux ; ces ouvrages démontreront la faisabilité technique, environnementale, économique et sociétale d'une ou plusieurs filières de valorisation des sédiments et fourniront les données essentielles à l'évolution réglementaire de la gestion terrestre des sédiments)</p> <p>-> projet de recherche SEDIMED (faire émerger et conforter au niveau national des filières économiques de traitement et de gestion des sédiments marins (pilotes à une échelle significative) ; éclairer et enrichir les travaux et investigations du MEDDTL en vue d'un accompagnement sur la dimension réglementaire; proposer des outils dont un guide méthodologique et un centre d'expertise et de ressources)</p>		

filère	épandage			
	épandage agricole	épandage sous serre	forêt	compostage
milieu concerné	-> champs de culture,	-> zones de culture intensive, -> zones de culture sous serre,	-> bois, -> forêt, -> marais,	nc
objectifs	-> améliorer la qualité des sols pour la croissance végétale			
principe	épandage sur des sols agricoles (15-20 cm d'épaisseur); environ 20 m3/hectare; épandage pouvant être intensif ou extensif	épandage sur des sols horticoles dans le but de favoriser la culture de fruits et légumes épandage (quelques cm3/m2) sous conditions contrôlées (processus accéléré par rapport à un épandage classique (t/4))	épandage sur des sols forestiers dans le but de favoriser le reboisement de certaines zones	peut être réalisé en conditions aérobie ou anaérobie de trois façons: andains à l'air libre, andains aérés par un système de ventilation à air forcé, dans des vaisseaux avec système d'aération et d'agitation/mélange
techniques	->refoulement hydraulique (dans le cas de boues liquides ou sous forme solide), -> apport éventuel d'éléments nutritifs pour stimuler l'activité biologique, ->remaniement du sol (aération/ventilation/agitation/mélange)			
caractéristiques intrinsèques des sédiments	-> silts, mélanges de boues et de sables, -> matériaux riches en matières organiques (50-80%), en azote (2-5%), en phosphore (1-2%), en potassium (1-2%), en calcium (5-10%),			
risque majeur	-> contamination des eaux de percolation (lixiviats), -> valeur agronomique du déblai, -> émissions gazeuses,			
précautions d'usage pouvant être envisagées	-> pré-étude indispensable (caractéristiques biologiques, physiques, chimiques du site, impacts environnementaux, valeur agronomique, etc.), -> élaboration d'un plan d'épandage et d'un suivi agronomique,			
transport le plus souvent associé/ le plus approprié	-> transport par camions			
procédé de traitement le plus souvent associé	-> traitement pour déshydratation des matériaux de dragage (égouttage) -> stockage temporaire (entreposage)			
niveau de contamination	-> absence de réglementation environnementale et sanitaire spécifique aux sédiments de dragage,			
réglementation référente	-> réglementation associées aux sols cultivables, -> travaux pouvant être soumis à déclaration au titre de la rubrique 2,1,4,0 de la loi sur l'eau (selon le volume et les flux annuels épandus, en azote ou en DBO5) -> travaux pouvant être soumis à autorisation au titre de la rubrique 2,1,4,0 de la loi sur l'eau (selon le volume et les flux annuels épandus, en azote ou en DBO5), impliquant la conduite d'une étude d'impact, au titre de la catégorie 22 du tableau annexe à l'article R122-2 du Code de l'Environnement et d'une enquête publique, -> articles R 211-31 et R211-45 du Code de l'Environnement, arrêté du 8 janvier 1998, portant sur l'épandage des boues de traitement des eaux usées sur les sols agricoles. -> absence de réglementation concernant la qualité environnementale des matériaux de construction issus de la valorisation des sédiments fins (silts).			
avantages	-> fort potentiel de la filière avec plus de 29 millions de Surface Agricole Utile en France (SAU), -> apport de nutriment et d'oligo-éléments aux terres	-> apport de nutriment et d'oligo-éléments aux terres	-> apport de nutriment et d'oligo-éléments aux terres	-> apport de nutriment et d'oligo-éléments aux terres

filère	épandage			
	épandage agricole	épandage sous serre	forêt	compostage
limites/contraintes	-> absence de réglementation adaptée de manière spécifique aux sédiments de dragage et à leurs singularités, -> valeur agronomique et qualité du sédiment ayant une influence direct sur la zone d'épandage et donc potentiellement limitant pour sa valorisation, -> sites d'épandage devant être situés a proximité du site de dragage -> volume de sédiments draguées disponibles: nombre important de sites d'épandage ou réalisation de bassins de décantation et de stockage temporaire pour une utilisation plus étalée dans le temps			
coûts (euros/m3)	45 - 60 euros / tonne matière sèche (hors frais de transport)			
applications à échelle industrielle	-> application ancienne sur les rives de la Rance par des agriculteurs (épandage de marne issue de cours d'eau)	-> landfarming intensif, > culture de fruits et légumes pour commercialisation	-> terrains de plantation d'arbres pour l'industrie (pâte de bois), la fabrication d'arbrisseaux et/ou d'arbustes ornementaux	-> souvent utilisé comme stockage temporaire avant épandage
implication dans des projets de recherche	-> estimation suite expérimentations intensives grandes échelles: 1-3ans pour réduction de 25 à 92% des HAP et 60 à 80% des huiles minérales '-> estimation suite expérimentations extensives grandes échelles: 4-15 ans pour être "réellement efficace" -> projet de recherche PHYTOSED (étude du transferts des éléments métalliques entre les différents compartiments environnementaux et acquisition de données technico-économiques sur la filière phyto-stabilisation aidée mise en œuvre; essais mis en œuvre sur un terrain de dépôt à partir de sédiments pollués aux éléments traces (HAP, ETM), -> projet de recherche PHYTOSTAB (étude de la mobilité des ETM ; utilisation de plantes et d'amendements, pour éviter une dissémination de la pollution dans l'environnement et rendre possible la reconversion d'un site).			

Tableau 15 : Filières de valorisation des sédiments : état des connaissances et des réglementations associées

Certaines filières de gestion, notamment concernant le régalaage, le confortement de berges et le rechargement des plages, sont déjà mises en œuvre en France.

Par contre, d'autres filières ne sont pas encore mises en œuvre à un stade industriel, telles que la valorisation en technique routière, butte paysagère, briques, béton, etc.

Certains travaux de recherche se sont intéressés à ces filières émergentes et pertinentes au regard des besoins significatifs de matériaux dans le domaine du BTP. Parmi eux, peuvent être cités :

- le projet **GeDSet**⁴⁶ (Interreg IV, 2008-2012, budget inconnu), dirigé par l'École des Mines de Douai (en partenariat avec l'ISSeP, le BRGM, CTP, et l'INERIS), s'est attaché à :
 - **développer un outil d'analyse multicritères pour une aide à la décision pour le choix de filières de gestion des sédiments de curage**, à partir du retour d'expérience d'acteurs et d'experts du domaine⁴⁷, d'une bibliographie internationale et des actions de recherche menées en parallèle. Cet outil est basé sur différents critères dont quatre critères environnementaux et deux critères sociétaux spécifiques au domaine de la gestion des sédiments. Les critères économiques et techniques (performances des ouvrages) ont également été pris en compte ;
 - mener des actions de recherche, permettant de contribuer au développement de l'outil d'analyse multicritères, grâce à l'acquisition de connaissance sur l'impact environnemental des différentes étapes de gestion, notamment concernant :
 - la caractérisation des sédiments en place ;
 - le transfert des polluants à partir de matrice sédimentaires vers la colonne d'eau des canaux ;
 - le transfert des polluants présents dans les sédiments de dragages, sur des sites de dépôts *via* un monitoring des dépôts ;
 - les procédés de traitement des sédiments, en particulier, selon des techniques minéralurgiques et autres techniques émergentes ;
 - la phytostabilisation.
- le projet **SETARMS**⁴⁸ (Interreg IVa, 2010-2013, budget inconnu), dirigé par l'Association des ports locaux de la Manche (APLM) (en partenariat avec l'École des Mines de Douai, l'ESITC, l'Université de Caen Basse

⁴⁶ Projet de recherche financé par l'Ademe, Interreg IV, le Conseil Régional du Nord Pas de Calais et les Voies Navigables de France (VNF)

⁴⁷ Acteurs français et wallons

⁴⁸ Projet de recherche financé par Interreg Iva, le Grand Port Maritime du Havre, les Ports Normands Associés (PNA), les Fonds Européens de Développement Economique Régional (FEDER)

Normandie, l'Université de Exeter, l'Université de Brighton, ARMINES, le Laboratoire d'analyse, de Surveillance et d'Expertise de la Marine de Cherbourg et EUROVIA) avait pour objectif de trouver des solutions économiques et environnementales pour la gestion à terre, à long terme, des sédiments dans le cadre du dragage des ports de l'Espace Manche. Ce projet s'est divisé en trois axes principaux de travail :

- l'état des lieux et des perspectives du dragage dans l'Espace Manche ;
- la caractérisation des sédiments, notamment géochimique et géotechnique,
- la valorisation des sédiments, en particulier dans le cadre du guide SETRA, avec la mise en œuvre d'une portion routière (5x20m), afin de tester la durabilité des sédiments valorisés.

Au travers de cet état de l'art, les travaux de recherche les plus récents démontrent le potentiel de valorisation des sédiments, notamment au travers de l'essor de nouvelles filières (technique routière, brique, béton, etc.). Néanmoins, les livrables de ces projets de recherche restent peu accessibles. A ce jour, il n'est donc pas aisé d'établir un état des lieux des connaissances récemment acquises ainsi que des éventuels verrous scientifique et techniques persistants.

Au regard des informations disponibles, il apparaît nécessaire de renforcer ces essais de valorisation à grande échelle, afin de vérifier les performances techniques à long terme des matériaux mis en œuvre, et de réaliser une approche économique réaliste, justifiant leur développement.

L'impact environnemental de ces filières nécessite également un travail de recherche et d'acquisition de connaissances, notamment vis-à-vis des émissions et transferts des polluants de l'ouvrage vers l'environnement.

5. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET ACCEPTABILITE DES SEDIMENTS VALORISABLES

Comme énoncé précédemment, et avant la mise en œuvre à une échelle industrielle des différentes filières de valorisation présentées et des procédés de traitement et de transformation associés (voir section 4), il apparaît essentiel de maîtriser l'impact environnemental des différents ouvrages.

A ce jour, aucun guide technique et/ou méthodologique dédié à la valorisation des sédiments n'a été publié. Il n'existe donc pas de référence en matière d'évaluation environnementale dans le domaine. De la même manière et en fonction des filières, les critères environnementaux d'acceptabilité des sédiments de dragage n'ont pas été défini.

5.1 EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES MATERIAUX ALTERNATIFS VALORISES EN TECHNIQUE ROUTIERE

Pour autant, en 2011, un guide, définissant une démarche d'évaluation de l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs élaborés à partir de déchets et destinés à être utilisés en technique routière, a été publié : **le guide SETRA⁴⁹**.

Il s'agit un guide « père » ou « chapeau », qui n'est donc pas spécifique aux sédiments, mais à caractère méthodologique, en ce sens qu'il décrit une démarche rationnelle et proportionnée vis-à-vis de la caractérisation environnementale des matériaux alternatifs, et notamment vis-à-vis de leurs émissions polluantes et de leur impact potentiel sur la ressource en eau.

La caractérisation environnementale du matériau alternatif est composée de trois niveaux :

➤ **Niveau 1 : réalisation d'essais de lixiviation⁵⁰ et d'analyses en contenu total**

Son principal objectif est d'apporter des informations sur la variabilité du gisement et de « *justifier l'acceptabilité en techniques routière des matériaux alternatifs et routiers* ».

Les résultats des essais de lixiviation et d'analyses en contenu total sont comparés aux valeurs limites définies dans les trois tableaux suivants :

⁴⁹ Guide SETRA : Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière, Evaluation environnementale, 2011

⁵⁰ Selon la norme NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4 (si réduction granulométrique)

Paramètre	Quantité relarguée à L/S = 10 L/kg (essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4)		
	ensemble de valeurs à respecter par au moins 80% des échantillons (mg/kg de matière sèche)	ensemble de valeurs à respecter au moins 95% des échantillons (mg/kg de matière sèche)	ensemble de valeurs à respecter au moins 100% des échantillons (mg/kg de matière sèche)
As	0,5	1	1,5
Ba	20	40	60
Cd	0,04	0,08	0,12
Cr total	0,5	1	1,5
Cu	2	4	6
Hg	0,01	0,02	0,03
Mo	0,5	1	1,5
Ni	0,4	0,8	1,2
Pb	0,5	1	1,5
Sb	0,06	0,12	0,18
Se	0,1	0,2	0,3
Zn	4	8	12
Fluorures	10	20	30
Chlorures	800	1 600	2 400
Sulfates	1 000	2 000	3 000
Fraction Soluble	4 000	8 000	12 000

Tableau 16 : Valeurs limites en lixiviation permettant de justifier toutes les utilisations visées par le guide SETRA (source : Guide SETRA)

Paramètre	Ensemble des valeurs à respecter par au moins 80% des échantillons (mg/kg matière sèche)	Ensemble des valeurs à respecter par au moins 100% des échantillons (mg/kg matière sèche)
COT	30 000	60 000
BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)	6	
PCB (Polychlorobiphényles, 7 congénères : n° 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180)	1	
HCT (Hydrocarbures totaux C10 à C40)	500	
HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)	50	
Dioxines et Furannes ⁵¹	10 ng/L I-TEQ _{QMS,2005} /kg matière sèche	

Tableau 17 : Valeurs limites à ne pas dépasser en contenu total pour être candidat à une utilisation en technique routière (source : Guide SETRA)

⁵¹ Uniquement pour les déchets issus d'un traitement thermique

Paramètre	Quantité relarguée à L/S = 10 L/kg (essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4)
	Valeur (mg/kg de matière sèche)
As	2
Ba	100
Cd	1
Cr total	10
Cu	50
Hg	0,2
Mo	10
Ni	10
Pb	10
Sb	0,7
Se	0,5
Zn	50
Fluorures	150
Chlorures	15 000
Sulfates	20 000
Fraction Soluble	60 000

Tableau 18 : Valeurs limites à ne pas dépasser en contenu total pour être candidat à une utilisation en technique routière (source : Guide SETRA)

Si les résultats obtenus sont inférieurs ou égaux aux paramètres génériques et valeurs limites pour les paramètres spécifiques (Tableau 16, Tableau 17), alors l'acceptabilité en technique routière du matériau alternatif est validée pour l'ensemble des usages envisagés.

Si l'une des valeurs limites est dépassée (Tableau 17, Tableau 18), l'acceptabilité du matériau alternatif est invalidée.

Dans les autres cas, il convient d'envisager la réalisation de la caractérisation environnementale de niveau 2 ou de niveau 3.

➤ **Niveau 2 : réalisation d'essais de percolation⁵²**

Les essais de percolation permettent d'évaluer le potentiel polluant du matériau alternatif.

⁵² Selon la norme NF CEN/TS 14405 avec la méthode de saturation initiale du matériau par pression hydrostatique et avec la méthode d'atteinte de l'état d'équilibre initiale

L'échantillon est soumis à trois prises d'essai de percolation. Les résultats de ces essais sont comparés aux paramètres génériques et aux valeurs limites proposées pour les paramètres spécifiques suivants (Tableau 19) :

Paramètre	Scénario « sous-couche de chaussée ou d'accotement revêtus »	Scénario « remblai technique ou accotement recouverts »
	Quantité relarguée cumulée à L/S = 10 L/kg (essai de percolation NF CEN 14405) Valeur (mg/kg de matière sèche)	Quantité relarguée cumulée à L/S = 10 L/kg (essai de percolation NF CEN 14405) Valeur (mg/kg de matière sèche)
As	0,8	0,5
Ba	56	28
Cd	0,32	0,16
Cr total	4	2
Cu	50	50
Hg	0,08	0,04
Mo	5,6	2,8
Ni	1,6	0,8
Pb	0,8	0,5
Sb	0,4	0,2
Se	0,5	0,4
Zn	50	50
Fluorures	60	30
Chlorures	10 000	5 000
Sulfates	10 000	5 000

Tableau 19 : Valeurs limites en percolation permettant de justifier certaines utilisations visées par le guide SETRA (source : guide SETRA)

« Si la moyenne des trois résultats obtenus est inférieure ou égale aux paramètres génériques et valeurs limites pour les paramètres spécifiques, alors l'acceptabilité en technique routière du matériau alternatif est validée pour l'ensemble des utilisations associées à la famille d'usages routiers envisagée (« sous-couche de chaussée ou d'accotement revêtus » ou « remblai technique ou accotement recouverts ») ».

Si l'une des valeurs limites est dépassée, il convient d'envisager la réalisation de la caractérisation environnementale de niveau 3.

➤ **Niveau 3 : production d'une étude spécifique**

Dès lors que « *les tests d'acceptabilité de niveau 1 et de niveau 2 ne permettent pas de justifier l'acceptabilité en technique routière d'un matériau alternatif, ou que les procédures ou les essais associés ne semblent pas adaptés à la nature ou au comportement de ces matériaux* », il reste possible de « *justifier leur acceptabilité en technique routière sur la base d'une étude spécifique* ».

L'élaboration de cette étude est très encadrée. « *Cette étude spécifique est élaborée à l'initiative des principales fédérations professionnelles concernées, ou à défaut par l'exploitant d'une installation classée, et validée par le ministère en charge du développement durable, avec l'appui éventuel des organismes publics de son réseau scientifique et technique ou placés sous sa tutelle, en concertation avec des représentants de la maîtrise d'ouvrage et des associations de protection de l'environnement* ».

« *Le choix des investigations à entreprendre (essais, modélisation et/ou retour d'expérience) est laissé libre sous réserve que :*

- *l'étude de l'altération du matériau et de l'émission des polluants soit menée selon les prescriptions de la norme méthodologique NF EN 12920+A1 ;*
- *le devenir des polluants émis par l'ouvrage via leur transfert dans le sol et dans la nappe ainsi que leurs effets sur la cible « eau » soient étudiés afin de montrer que l'usage routier envisagé permet d'assurer un niveau de protection de l'environnement au moins équivalent à celui assuré par la modélisation prédictive qui a permis de fixer les valeurs limites ».*

5.2 EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES SEDIMENTS : BESOINS ET PERSPECTIVES

La méthodologie décrite par le guide SETRA, bien que pertinente, ne répond pas entièrement aux spécificités des sédiments. **A partir de la méthodologie présentée et grâce à des travaux de recherche complémentaires un guide fils pourrait être élaboré.**

Certains points d'amélioration/d'adaptation de la méthodologie peuvent déjà être évoqués. En effet, la liste des substances devrait, à minima, être élargie au TributylEtain (TBT), en référence aux composés déjà retenus pour la détermination des seuils S1, N1 et N2 (voir section 2.1). La liste pourrait être également élargie, au regard des récents travaux de l'INERIS pour l'ONEMA, faisant mention d'un certain nombre de polluants émergents présents dans les sédiments et les eaux de surface⁵³. Il serait également pertinent d'acquérir des

⁵³ Référentiel méthodologique pour la priorisation des micropolluants des milieux aquatiques, établi par le comité d'experts national pour la priorisation des micropolluants aquatiques (CEP), 2012

connaissances sur le comportement de ces substances sur le long terme, notamment au regard de leur sortie de l'eau (aération, oxydation) et des différents procédés de traitement et de transformation subis. En effet, la modification des conditions physico-chimiques a un impact direct sur la mobilité et plus largement de comportement (spéciation, dégradation) des substances chimiques sorbées sur la matrice sédimentaire, comme l'ont démontré de récents travaux de recherche menés à l'INERIS^{54, 55}.

Des installations « pilotes » complémentaires (route, butte), équipées des outils adaptés pour l'étude et le suivi des émissions de ces substances, notamment vers les eaux superficielles et les eaux de surface permettraient de rendre compte des risques environnementaux et sanitaires. A partir des données obtenues sur site des travaux de modélisation pourraient rendre compte de l'impact environnemental potentiel, à plus long terme.

Grâce à ces travaux complémentaires et à l'élaboration d'un guide « fils » SETRA, il serait alors possible d'envisager, dans le respect des recommandations et de la démarche établie, une valorisation à échelle industrielle, des sédiments de dragages en technique routière.

Dans un second temps, la même démarche pourrait être adaptée aux autres filières de valorisation (béton, briques, etc.).

Certains travaux de recherche menés actuellement vont dans ce sens.

- le projet **SEDIVALD**⁵⁶ (2011-2014, 107 k€) dirigé par ARMINES (en partenariat avec le BRGM et l'Association des ports locaux de la Manche), vise :
 - la caractérisation du risque d'évolution à plus ou moins long terme des composés présents dans les sédiments dragués non dangereux, en métabolites toxiques, s'agissant d'un enjeu majeur pour la valorisation ultérieure des sédiments de dragage non contaminés ;
 - la caractérisation du risque qu'un sédiment non dangereux devienne dangereux en fonction des traitements et des procédés de transformation qui lui sont appliqués (propriété H15).

- Le projet **SEDIMED**⁵⁷ (2010-2014, 9 900 k€), dirigé par Envisan (en partenariat avec Colas, Egis, ERG Environnement, ARMINES, le CETE Méditerranée et l'INERIS) vise :

⁵⁴ Comportement à long terme, caractérisation opérationnelle et évaluation environnementale des contaminants organiques des sédiments issus des activités de dragage, Université d'Aix Marseille, INERIS, Benoit Charasse, 2013

⁵⁵ Dynamique des contaminants inorganiques dans les sédiments de dragage; Rôle spécifique de la matière organique, Université du Sud de Toulon Var, INERIS, Romain Achard, 2013

⁵⁶ Projet de recherche financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'ADEME, le Conseil Régional de Provence Alpes Côte d'Azur et Toulon Provence Méditerranée

⁵⁷ Projet de recherche financé par l'Ademe, l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et les Fonds Unique Interministériel (FUI)

- le développement de filières de valorisation à terre des sédiments marins grâce à la mise en place d'une plateforme de traitement des sédiments et d'ouvrages « pilote » (route, butte paysagère, etc.) ;
- une amélioration des connaissances et une meilleure maîtrise des phénomènes de transfert des polluants de l'ouvrage « pilote » vers l'environnement et plus particulièrement la ressource en eau ;
- proposer aux acteurs des zones maritimes des outils dont un guide méthodologique et un centre d'expertise et de ressources comprenant une « sédimentothèque » et une base de données de référence pour une gestion environnementale des sédiments

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La gestion à terre des sédiments de dragage est un enjeu majeur, à la fois économique et écologique. Des solutions de valorisation doivent être envisagées pour résoudre le problème des tonnages importants de sédiments non immergeables.

Depuis quelques années, de nombreux travaux de recherche ont permis l'acquisition d'un très grand nombre de connaissances, notamment concernant les procédés de traitement et de prétraitement des sédiments de dragage. Ils correspondent à la première étape de gestion à terre des sédiments.

Si aujourd'hui, grâce à ces innovations, il est possible de répondre aux cahiers des charges techniques de diverses filières de valorisation, il reste cependant un point majeur à clarifier : la détermination des critères d'acceptabilité environnementale des sédiments contaminés dans ces filières.

Aujourd'hui, il n'existe aucun guide dédié à l'évaluation environnementale des filières de valorisation des sédiments de dragage. Le guide SETRA pour l'acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière peut être perçu comme un exemple à suivre, et à adapter aux caractéristiques spécifiques des sédiments.

Pour cela, des travaux de recherche complémentaires doivent être menés. Ceux-ci devront s'intéresser aux substances polluantes historiques (métaux, PCB, HAP, TBT) mais également aux composés émergents. Ces travaux devront étudier le comportement de ces substances et de leurs métabolites, dans le cadre des procédés de prétraitement, de traitement. Seuls des ouvrages « pilote » de valorisation permettront un suivi à moyen et à long terme des émissions et des transferts de ces substances dans l'environnement.

L'acquisition de ces connaissances conditionne le développement d'une méthodologie d'acceptabilité des sédiments de dragage pour chacune des filières de valorisation.

7. REFERENCES

- [1]. Aide à la gestion alternative au rejet en mer de sédiments contaminés provenant du dragage de sites portuaires, BRGM, rapport BRGM/RP-53470-FR, 2004.
Adresse de téléchargement : www.brgm.fr/Rapport?code=RP-53470-FR.pdf
- [2]. Comportement à long terme, caractérisation opérationnelle et évaluation environnementale des contaminants organiques des sédiments issus des activités de dragage, Université d'Aix Marseille, INERIS, Benoit Charasse, 2013
- [3]. Dragage d'entretien des voies navigables, Aide à l'élaboration et au suivi d'un plan de gestion pluriannuel, CETMEF, mai 2011
- [4]. Dragage en milieu marin, immersion et code de l'environnement : le guide des procédures préalables, CETMEF, 2008.
Adresse de téléchargement : http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/C_08-06_cle2d68d1.pdf
- [5]. Dragages et environnement marin, état des connaissances, IFREMER, 1999.
Adresse de téléchargement : <http://archimer.ifremer.fr/doc/1999/rapport-1040.pdf>
- [6]. Dynamique des contaminants inorganiques dans les sédiments de dragage; Rôle spécifique de la matière organique, Université du Sud de Toulon Var, INERIS, Romain Achard, 2013
- [7]. Evaluation des incidences des dragages des chenaux de navigation et des immersions sur l'état de conservation des sites Natura 2000, Guide méthodologique, Groupe GEODE, ENS N°63001Em, mars 2008. *Adresse de téléchargement :* http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_evaluation_incidences_dragages_cle1d7b15.pdf
- [8]. Guide méthodologique, Enlèvement des sédiments, Evaluation Détaillée des Risques liés à la gestion des sédiments et aux opérations de curage, santé humaine, ressource en eau, EDR sédiments, Groupe de Travail Opérationnel de la Thématique Sédiments Pollués du Pôle de Compétence Sites et Sols Pollués, 2002.
Adresse de téléchargement : http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/etude_11.pdf
- [9]. Guide méthodologique pour l'évaluation des risques écologiques liées à la restauration de carrières de la zone littorale à l'aide de sédiments de dragage portuaires, Tome 1, ENTPE, INSA de Lyon, BRGM, INERIS, CNRS, INSAVALOR, IN VIVO, CETMEF, CG 29, Cg 83, 2012. Guide issu des travaux du programme ANR SEDIGEST.
Adresse de téléchargement : http://www.sedigest.org/documents/Sedigest_Guide_pour_EDR_Ecologiques.pdf?8a28b13737adb89002f59262ef13e0d5=9219a05e45a69fc2c077f803cbe93e4b
- [10]. Guide SETRA : Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière, Evaluation environnementale, 2011

- [11]. Guide sur l'évaluation des risques sanitaires des opérations de dragage et de rejet en mer de matériaux marins et estuariens, Groupe GEODE, 2013.
Adresse de téléchargement: http://www.paralia.fr/jngcgc/12_110_droit.pdf
- [12]. Guide pour la gestion des opérations de dragage, In Vivo, FFPP, décembre 2005, 83 p.
Adresse de téléchargement: http://www.invivo-environnement.com/UserFiles/File/GuideDragageFFPP_lite2005.pdf
- [13]. Guide technique régional relatif à la méthodologie de gestion des sédiments de dragage portuaires, PREDIS Nord Pas de Calais, Groupe de Travail N°5, 2006.
Adresse de téléchargement : http://www.cd2e.com/sites/default/files/Cd2eStatic_contenu/predis/classeur_2.pdf
- [14]. INERIS DRC 12-125740-06310A, Guide de classement des déchets selon leur dangerosité suivant le Code de l'Environnement et la réglementation SEVESO II (partie applicable aux déchets), 2012.
- [15]. Les dragages d'entretien des chenaux de navigation dans les estuaires français - Evaluation des incidences au regard de la conservation des sites Natura 2000- Proposition pour de bonnes pratiques de dragage, Groupe GEODE, 2006.
Adresse de téléchargement : http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese_guide_geode_cle716eb9.pdf
- [16]. XP X 31-211 : Déchets - Essai de lixiviation d'un déchet solide massif granulaire, 2000
- [17]. NF CEN/TS 14405 : Caractérisation des déchets - Essai de comportement à la lixiviation - Essai de percolation à écoulement ascendant (dans des conditions spécifiées), 2005
- [18]. NF EN 12457-2 : Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 2 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide-solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction de la granularité), 2002
- [19]. NF EN 12457-4 : Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 4 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide/solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 10 mm (sans ou avec réduction de la granularité), 2002
- [20]. NF EN 12920+A1 : Caractérisation des déchets - Méthodologie pour la détermination du comportement à la lixiviation d'un déchet dans des conditions spécifiées, 2008
- [21]. Recommandations pour la détermination d'objectifs de gestion d'un estuaire au regard des opérations de dragage et d'immersion, Groupe GEODE, ENS N°63001Em, mars 2008.
Adresse de téléchargement : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2B_GEODE_Recommandations_gestion_version_0308.pdf
- [22]. Référentiel méthodologique pour la priorisation des micropolluants des milieux aquatiques, établi par le comité d'experts national pour la priorisation des micropolluants aquatiques (CEP), 2012

- [23]. Schéma de référence des dragages du Morbihan, 2010.
Adresse de téléchargement : http://www.morbihan.equipement-agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/SRD__08_2010_cle79e86e.pdf
- [24]. Suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion, GEODE, Décembre 2012
Adresse de téléchargement : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_methodologique_Suivi_Dragage_Immersion_.pdf