



Jérôme FOUCHER

VA IMF  
Promotion 50

Juin 2005  
*réactualisé Décembre 2005*

# VALORISATION DES DÉBLAIS SABLEUX DE DRAGAGE PORTUAIRE EN FRANCE MÉTROPOLITAINE

Président du jury : Thierry WINIARSKI (ENTPE)

Maîtres de TFE : Lydia MARTIN-ROUMEGAS (CETMEF), Claude AUGRIS (Ifremer)

Experts : Xavier LA PRAIRIE (DDE Finistère), Jacques PAUL (GIE Genavir)





# NOTICE ANALYTIQUE

	NOM	PRENOM	
<b>AUTEUR</b>	FOUCHER	Jérôme	
<b>TITRE DU TFE</b>	Valorisation des déblais sableux de dragage portuaire en France métropolitaine		
	<b>ORGANISME D'AFFILIATION LOCALISATION</b>	<b>PRENOM NOM</b>	
<b>MAITRES DE TFE</b>	CETMEF Brest Ifremer Brest	Lydia MARTIN-ROUMEGAS Claude AUGRIS	
<b>COLLATION</b>	Nbre de pages du rapport <b>66</b>	Nbre d'annexes (Nbre de pages) <b>6</b>	Nbre de réf. biblio. <b>31</b>
<b>MOTS CLES</b>	Dragage portuaire, sable, valorisation, BTP, épandage, rechargement de plage, réglementation.		
<b>TERMES GEOGRAPHIQUES</b>	Finistère, Audierne, Pontrieux, Bayonne, Anglet, Dunkerque		
<b>RESUME</b>	<p>Les déblais de dragage portuaire représentent annuellement environ 25 à 45 millions de tonnes de matériaux (matière sèche), dont approximativement 10 millions de tonnes de sable. En 2003, 95 % de ces matériaux ont été rejetés en mer.</p> <p>Dans la logique du développement durable, ces matériaux doivent être en priorité rendus à leur milieu d'origine, c'est-à-dire immergés ou utilisés pour le rechargement de plage. Cependant, dans les zones où le déficit sédimentaire n'est pas négatif, les matériaux de bonne qualité pourraient être valorisés à terre. Ce Travail de Fin d'Etudes étudie en particulier trois filières de valorisation pour les matériaux sableux non contaminés : BTP, agronomie et rechargement de plage. Les caractéristiques des matériaux sableux dragués montrent qu'ils peuvent être utilisés sans traitement majeur dans ces trois filières.</p> <p>La réglementation actuelle ne permet pas cette valorisation, car elle classe les déblais de dragage portuaire parmi les déchets. Ce statut, qui est justifié pour les matériaux pollués, ne l'est pas forcément pour les matériaux sableux non pollués.</p> <p>Pour une gestion durable des déblais de dragage portuaire, des paramètres précis devront permettre de définir si ces déchets sont valorisables ou non.</p>		

<p><b>SUMMARY</b></p>	<p>The harbour dredged materials for navigational purposes represent approximately 25 to 45 million tons of materials a year, including around 10 million tons of sand. Currently, 95 % of these materials are thrown back to sea.</p> <p>In the logic of sustainable development, this material must be returned first and foremost to its original environment, that is either dumped at sea or used for beach nourishment. However, in zones where sedimentary deficit is not negative, good quality materials could be valorised on land. This end of studies work treats in particular three fields of valorisation of sandy dredged materials: civil engineering, agronomy and beach nourishment. The characteristics of these materials show that they can be used without treatment.</p> <p>The current rule does not allow for this type of valorisation, as it classifies of harbour dredged material as waste. This status, which is justified for polluted materials, is not necessarily for unpolluted sand type materials.</p> <p>For sustainable management of harbour dredged materials accurate parameters should enable us to define this waste as valuable or not.</p>
<p><b>REACTUALISATION</b></p>	<p>Laure SIMPLET (Ifremer), Lydia MARTIN-ROUMEGAS (CETMEF), Claude AUGRIS (Ifremer).</p>

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Panorama du dragage portuaire en France métropolitaine.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Les techniques de dragage et de rejet.....</b>	<b>9</b>
1.1.1. Les dragues mécaniques .....	9
1.1.2. Les dragues hydrauliques .....	10
1.1.2.1. Drague aspiratrice refouleuse stationnaire .....	10
1.1.2.2. Drague aspiratrice à désagrégateur .....	10
1.1.2.3. Drague aspiratrice en marche .....	11
1.1.2.4. Autres types de dragues hydrauliques.....	12
1.1.3. Les dragues pneumatiques .....	12
1.1.4. Techniques de transport et de rejet.....	12
1.1.4.1. Dépôt à terre .....	12
1.1.4.2. Rejet par émissaire ou par conduite .....	13
1.1.4.3. Clapage ou immersion .....	13
<b>1.2. Les modalités du dragage .....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Dragage d'entretien .....	13
1.2.2. Dragage d'approfondissement et aménagement de nouvelles aires portuaires .....	14
1.2.3. Les opérateurs du dragage.....	14
<b>1.3. Quantité et qualité des matériaux dragués en France .....</b>	<b>15</b>
1.3.1. Quantité des matériaux dragués en France .....	15
1.3.2. Qualité des matériaux dragués en France .....	16
1.3.3. Quantité des matériaux dragués et immergés en Europe.....	17
<b>1.4. Aspects réglementaires .....</b>	<b>18</b>
1.4.1. Les opérations de dragage .....	18
1.4.2. Les opérations d'immersion.....	21
1.4.3. Les opérations de stockage à terre .....	22
<b>1.5. Devenir actuel des sédiments de dragage portuaire.....</b>	<b>22</b>
<b>2. Filières de valorisation .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. Filière du Bâtiment et des Travaux publics (BTP) .....</b>	<b>25</b>
2.1.1. Besoin.....	25
2.1.2. Matériau idéal pour une utilisation en BTP.....	26
2.1.3. Réglementation et normes existantes .....	26
2.1.4. Traitement .....	27
2.1.5. Coût .....	27
2.1.6. Étude de cas d'une grave routière à base de sable de dragage du Port Autonome de Dunkerque .....	28
2.1.6.1. Caractérisation du sable .....	28
2.1.6.2. Formulations de la grave routière .....	30
2.1.6.3. Recherche des performances mécaniques .....	30
<b>2.2. Filière agronomique : l'épandage.....</b>	<b>32</b>
2.2.1. Principe .....	32
2.2.2. Besoin.....	32
2.2.3. Traitement .....	33
2.2.4. Réglementation sur les matières fertilisantes et les supports de culture.....	33
2.2.5. Étude du cas du port d'Audierne (Finistère) .....	35
<b>2.3. Rechargement de plage.....</b>	<b>36</b>
2.3.1. Besoin.....	37
2.3.2. Description technique du matériau.....	37
2.3.3. Traitement .....	38
2.3.4. Réglementation existante .....	38

2.3.5. Coût .....	38
2.3.6. Étude de cas : utilisation des matériaux de l'Adour pour le réensablement des petits fonds devant les plages d'Anglet .....	38
2.3.6.1. Le littoral d'Anglet .....	39
2.3.6.2. Le port de Bayonne et les dragages de l'Adour .....	39
2.3.6.3. Examen du rechargement du littoral d'Anglet.....	40
<b>3. Synthèse, Analyse et propositions .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1. Synthèse .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2. Une réglementation à améliorer .....</b>	<b>44</b>
3.2.1. Le titre minier.....	44
3.2.2. Le statut de déchet.....	45
<b>3.3. Propositions .....</b>	<b>45</b>
3.3.1. Aspects réglementaires .....	45
3.3.1.1. La notion de déchet appliquée aux sédiments .....	45
3.3.1.2. Critères de valorisation des déchets de type déblais de dragage portuaire .....	46
3.3.1.3. Une nouvelle réglementation adaptée.....	47
3.3.2. Création de Comités Locaux d'Information et de Suivi (CLIS).....	48
3.3.3. Analyses complémentaires .....	48
<b>Conclusion .....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>51</b>
<b>Sites internet consultés.....</b>	<b>55</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>57</b>
Annexe 1 : Quantités de matériaux dragués en France métropolitaine par département pour les travaux neufs et d'entretien (Source Ministère de l'Équipement, CETMEF, Enquête DRAGAGE, 2001, 2002, 2003).....	59
Annexe 2 : Quantités de matériaux dragués en France métropolitaine par les Ports Autonomes pour les travaux neufs et l'entretien (Source Ministère de l'Équipement, CETMEF, Enquête DRAGAGE, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003).....	60
Annexe 3 : Quantités de matériaux dragués en France métropolitaine par les ports d'intérêt national pour les travaux neufs et l'entretien (Source Ministère de l'Équipement, CETMEF, Enquête DRAGAGE, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003).....	61
Annexe 4 : Entretien avec M. Christophe VERHAGUE, PDG de la Compagnie Armoricaïne de Navigation (mai 2005) .....	62
Annexe 5 : Entretien avec M. Joël NOGUES, Directeur la Société Les Sablières de l'Atlantique (mai 2005) 63	
Annexe 6 : Entretien avec M. Pascal GREGOIRE, Chef de la cellule « procédures réglementaires » au Port Autonome de Dunkerque (mai 2005) .....	64

## Liste des illustrations

Figure 1 : Drague aspiratrice en marche (source South Coast Shipping Company Ltd).	11
Figure 2 : Quantités de matériaux dragués (entretien et travaux neufs) dans les ports Autonomes et d'intérêt national français métropolitains en 2001, 2002 et 2003 (source Ministère de l'Équipement).	15
Figure 3 : Quantités de matériaux dragués (entretien et travaux neufs) par département en France métropolitaine en 2001, 2002 et 2003 (source Ministère de l'Équipement).	16
Figure 4 : Quantités de matériaux sableux (moins de 50 % de passant à 63 µm) dragués par département en 2001, 2002 et 2003 (source Ministère de l'Équipement).	17
Figure 5 : Quantité de matériaux dragués et immergés dans quelques pays européens de l'Atlantique Nord-Est en 2001 et 2002 (source OSPAR commission, 2003).	18
Tableau 6 : Niveaux du référentiel de qualité pour la teneur en éléments traces métalliques.	19
Tableau 7 : Niveaux du référentiel de qualité pour la teneur en PCB.	19
Figure 8 : Régime de la procédure à appliquer (D=Déclaration, A=Autorisation).	20
Tableau 9 : Devenir des sédiments de dragage portuaire en France métropolitaine en 2003 (source Ministère de l'Équipement).	23
Tableau 10 : Résultats de l'essai de lixiviation X31-210 (AFNOR 1992) sur le sable de dragage du Port Autonome de Dunkerque	28
Figure 11 : Granulométrie du sable de dragage du Port Autonome de Dunkerque	29
Figure 12 : Performances mécaniques des éprouvettes et classement des graves suivant la norme NF P 98-230-2.	31
Figure 13 : pH des sols en Bretagne (source Agrocampus Rennes, 2001).	32
Figure 14 : Situation du port d'Audierne.	35
Figure 15 : Situation de l'embouchure de l'Adour.	38
Tableau 16 : Filière de valorisation de chaque type de matériau dragué.	43
Tableau 17 : Réglementations connexes pour les déblais de dragage portuaire.	47



## Introduction

En France, les ports métropolitains sont amenés à draguer 25 à 45 millions de tonnes (quantité de matière sèche) chaque année pour assurer leur accès. En effet, le transport maritime ne peut s'exercer que dans la mesure où les accès portuaires sont garantis aux navires de commerce. Ceci suppose que les chenaux soient régulièrement entretenus pour assurer les cotes de navigation. Ces opérations sont vitales pour les ports, mais aussi pour une part importante de l'activité des agglomérations et estuaires dans lesquels les emplois dépendent souvent directement ou indirectement du commerce maritime. Qu'il s'agisse d'entretien ou de travaux d'approfondissement, l'activité portuaire s'accompagne du dragage de volumes importants de sédiments auxquels il convient de trouver une destination finale.

Dans un souci accru d'une bonne gestion des ressources naturelles, fondée sur le développement durable, les matériaux sableux non contaminés issus du dragage portuaire devraient être en priorité rendus à leur milieu d'origine par l'immersion ou le rechargement de plage ou le dépôt par petits fonds, en particulier dans les zones de déficit sédimentaire. Dans les autres zones, la valorisation vers des filières terrestres est à promouvoir.

Le bâtiment et les travaux publics (BTP) constituent une filière de valorisation. Dans cette filière, les granulats servent à la confection des bétons, des couches de fondation, de base et de roulement des chaussées et aux remblais. En France, on consomme en moyenne 400 millions de tonnes de granulats dont 20 % est utilisé pour le bâtiment (logement) et 80 % pour le génie civil (routes, voies ferrées, ...) (source UNPG).

La production de granulats est répartie entre les matériaux alluvionnaires (41 %, dont 4 % provient de la mer), les concassés de roches massives (55 %) et les matériaux de recyclage (4 %). C'est la perspective d'un épuisement, à moyen terme, des matériaux alluvionnaires qui a amené, il y a quelques décennies, quelques entreprises à s'intéresser aux granulats marins.

Le présent rapport vise à étudier les filières de valorisation des déblais de dragage portuaire, sableux et non contaminés, pour les usages du bâtiment et des travaux publics, de l'agriculture, et du rechargement de plage. Dans certains ports français, la qualité des sédiments dragués correspond à celle recherchée pour les besoins de ces filières. Ce rapport s'intéressera également aux enjeux et aux contraintes techniques et juridiques de la valorisation de ces matériaux sableux.



# 1. Panorama du dragage portuaire en France métropolitaine

La sédimentation des matières en suspension, d'origine continentale ou marine, constitue une entrave pour l'accès des navires aux installations portuaires. Le dragage est donc une pratique courante pour restaurer des seuils acceptables pour la navigation quand les exhaussements sont trop importants. La sédimentation n'ayant pas la même ampleur sur tout le littoral, tous les ports n'ont pas à faire face aux mêmes problèmes. Les ports situés sur une côte rocheuse comme en Bretagne Nord, Provence-Côte d'Azur et Corse sont soumis à une sédimentation faible. Ceux situés dans des baies à dominante vaseuse ou à proximité d'estuaire comme dans le Nord-Pas de Calais, en Picardie, Normandie, Loire, Vendée et Charente subissent des sédimentations dont le taux varie entre 0,5 et 1 m par an (source ENTPE). Le dragage constitue donc une activité vitale pour l'exploitation des ports.

## *1.1. Les techniques de dragage et de rejet*

On distingue généralement les dragues mécaniques, hydrauliques et pneumatiques (CETMEF, 2000).

### 1.1.1. Les dragues mécaniques

La caractéristique commune des équipements excavateurs mécaniques est qu'ils sont dotés de godets ou de bennes, dont les dimensions et les formes varient. Les dragages mécaniques impliquent un contact physique direct entre ces godets ou bennes et les matériaux à draguer. Le plus souvent, les dragues mécaniques font appel à des chalands pour recevoir et transporter les matériaux dragués.

Les pertes de matériaux par remise en suspension ou par mauvaise fermeture de la benne sont notables dans le cas de dragage de sédiments fins non cohésifs. Le rendement de ces dragues s'améliore pour des sédiments cohésifs, les matériaux récoltés étant généralement assez compacts (formation de « blocs ») et peu chargés en eau.

Ces navires sont utilisés dans des zones difficiles d'accès (bordures de quais, bassins étroits) et peuvent travailler jusqu'à des profondeurs de 25 m (drague à godets) à 30 m (drague à benne).

Il existe différents types de drague mécanique :

- La drague à godets qui fonctionne comme un élévateur ;
- La drague à pelles ou à cuillers qui est fondamentalement une pelle mécanique montée sur un ponton ;
- La drague rétrocaveuse et la drague excavatrice sur ponton à chargement frontal : ces dragues sont de simples excavateurs qui peuvent être installés sur le pont renforcé d'un chaland ponté ;
- La drague à benne preneuse qui fait descendre, se fermer et remonter une benne ou un godet unique au moyen de câbles.

### 1.1.2. Les dragues hydrauliques

Les dragues hydrauliques sont basées sur le principe de la pompe à eau centrifuge et opèrent par création d'un vide à l'entrée de la pompe. La pression atmosphérique dans l'eau oblige la mixture (mélange d'eau et de matières solides) à suivre la conduite d'aspiration, seule trajectoire disponible.

L'efficacité du dragage peut être accrue par l'adjonction d'un désagrégateur (sorte de fraise ou de roue à pelle) au niveau du bec d'élinde. Ce désagrégateur entraîne une augmentation des remises en suspension au fond lors des opérations de dragage. Son utilisation est cependant indispensable dans le cas de matériaux cohésifs. Les matériaux de dragage sont soit refoulés de manière hydraulique au travers de conduites flottantes vers le site de dépôt, soit déversés dans des chalands qui le transportent vers ce site de dépôt. Parmi les dragues hydrauliques, on distingue les catégories suivantes :

- drague aspiratrice refouleuse stationnaire ou aspiratrice simple ;
- drague aspiratrice à désagrégateur ;
- drague aspiratrice porteuse à élinde traînante ou plus communément nommée drague aspiratrice en marche ;
- drague à balayage ;
- drague coupeuse à disque ;
- drague à vis sans fin.

#### *1.1.2.1. Drague aspiratrice refouleuse stationnaire*

Sous sa forme la plus simple, ce type de navire est une drague hydraulique généralement stationnaire, équipée d'un ponton et utilisée en premier lieu pour l'excavation et l'élimination de matériaux sans cohésion, et des sables peu compacts. Les engins les plus évolués peuvent également draguer le limon. Le principal avantage réside dans leur rendement (jusqu'à 7 000 m<sup>3</sup>/h) supérieur à toute drague de puissance comparable. Le principal désavantage est l'irrégularité du fond qu'elle laisse après travail en raison de son mode opératoire. De plus, le dragage n'est pas d'une grande précision et ne permet pas de sélectionner différentes couches de sédiments.

L'entraînement des sédiments nécessite le pompage d'une quantité importante d'eau (10 à 12 fois en volume, 8 fois environ en poids). La mixture peut être refoulée dans des chalands mais aussi par des conduites flottantes.

#### *1.1.2.2. Drague aspiratrice à désagrégateur*

Ce type de drague aspiratrice est particulièrement répandu aux États-Unis et au Canada. Les dragues aspiratrices à désagrégateur sont moins utilisées en Europe à des fins de dragage d'entretien en raison essentiellement des longues distances sur lesquelles les matériaux de dragage doivent être transportés.

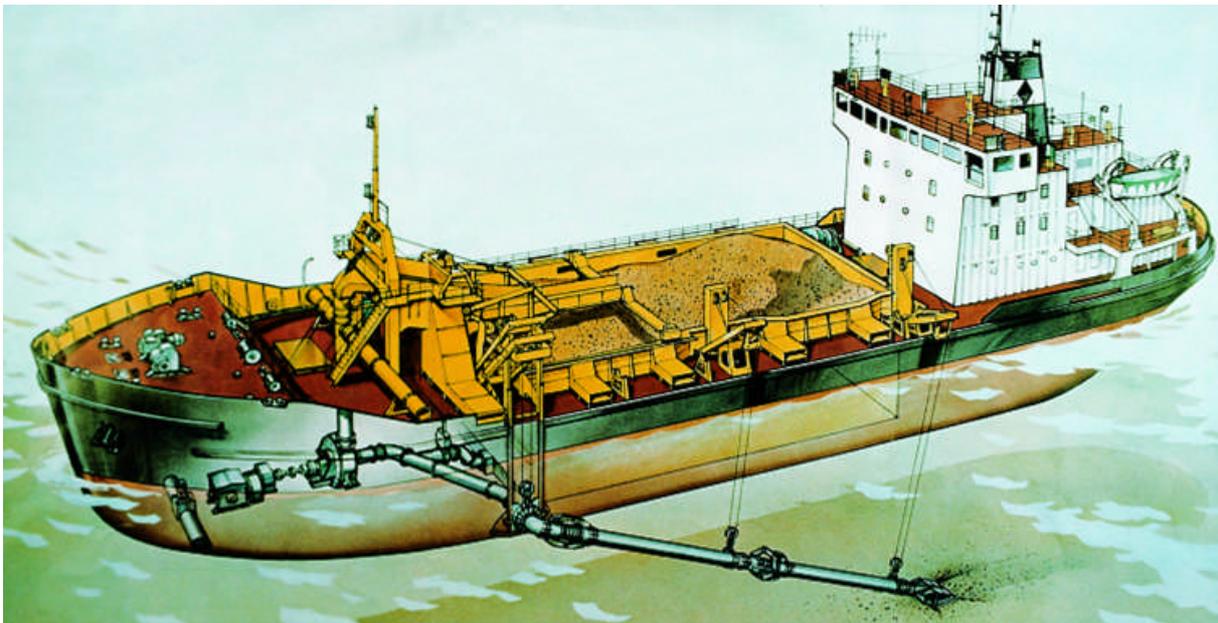
Elle est équipée, au point d'attaque, d'un désagrégateur rotatif qui déstructure les matériaux à draguer, y mélange de l'eau, avant d'absorber la mixture obtenue dans la conduite aspiratrice. En général, le matériau est transporté par conduite jusqu'au lieu de dépôt. L'adjonction du désagrégateur aux équipements

d'aspiration a fait considérablement augmenter les possibilités de dragage de la drague aspiratrice. Elle peut être aussi bien utilisée pour les travaux neufs que pour les dragages d'entretien, et pour une série de sols différents.

Les dimensions des dragues aspiratrices à désagrégateur vont des petites unités standardisées ou démontables jusqu'aux grandes unités capables de travailler dans des zones exposées et par une profondeur maximale de 30 m. La précision du dragage est bonne (de 10 à 25 cm) d'autant plus que le matériel tend à être équipé d'un système de positionnement GPS. Le rendement est en général élevé et varie entre 50 et 5 000 m<sup>3</sup>/h selon la drague et le matériau. Elles peuvent uniquement refouler à terre sur une distance limitée (entre 500 m et 2 000 m) suivant la puissance des pompes. La concentration du mélange varie de 10 à 40 % selon les caractéristiques des produits dragués.

### *1.1.2.3. Drague aspiratrice en marche*

La drague aspiratrice en marche est utilisée dans le monde entier à des fins de dragage d'entretien, des entrées et des chenaux d'accès portuaires (Figure 1).



**Figure 1 :** Drague aspiratrice en marche (source South Coast Shipping Company Ltd).

C'est un engin automoteur et autoporteur. Le dragage se fait en marche à une vitesse réduite de 1 à 3 nœuds. Une dépression produite par une pompe centrifuge permet d'aspirer une mixture de matériaux solides et d'eau, au moyen d'une élinde traînante prolongée par un bec descendu sur le fond. La mixture est ensuite refoulée dans le puit à déblais de l'engin où elle décante jusqu'à un remplissage convenable. La capacité des divers types de dragues varie entre 500 et 10 000 m<sup>3</sup>. Pratiquement toutes les dragues aspiratrices en marche comportent des clapets de fond.

Le principal inconvénient de l'utilisation de ce type de drague réside dans la nature cyclique intermittente de l'activité de dragage, dont une partie majeure du

cycle consiste quelques fois dans le transport non productif des matériaux de dragage vers un site de dépôt éloigné. De plus, la position de l'élinde étant difficile à contrôler, il est malaisé d'atteindre précisément la cible et la profondeur de dragage souhaitée. La précision habituelle est autour de 50 cm à 1 m. Les rendements varient de 200 à 10 000 m<sup>3</sup>/h selon la taille de la drague, la nature du matériau dragué et le temps de trajet entre la zone de dragage et le site d'immersion.

Ces dragues étant automotrices, elles gênent peu la navigation.

#### *1.1.2.4. Autres types de dragues hydrauliques*

##### **- Drague à balayage**

Elle est basée sur le principe d'une drague aspiratrice stationnaire classique équipée d'une tête balayante similaire à une tête d'élinde de drague aspiratrice en marche. Sa visière mobile permet d'opérer dans deux directions opposées. La hauteur de coupe est adaptable de 20 à 60 cm. La drague à balayage est un puissant outil pour l'exécution des projets de dragage en milieu sensible. Cet équipement a passé le stade expérimental et son évolution se poursuit.

##### **- Drague coupeuse à disque**

Cette drague aspiratrice stationnaire est équipée en tête d'élinde d'un désagrégateur de forme cylindrique, à axe vertical et disposant d'un fond plat fermé. Le rendement de 500 m<sup>3</sup>/h est quelque peu réduit comparé à une drague traditionnelle, car l'objectif n'a pas été d'optimiser le rendement mais de réduire les effets néfastes sur l'environnement.

##### **- Drague environnementale à vis sans fin**

Elles ont été utilisées, depuis quelques années, principalement dans les projets de restauration des lacs. Ces dragues spécialement conçues pour le prélèvement de fines couches de sédiments contaminés, sont à la base des dragues stationnaires classiques équipées d'une vis sans fin, qui coupe le matériau en couche d'une épaisseur allant de quelques centimètres à un mètre.

#### **1.1.3. Les dragues pneumatiques**

Le principe de fonctionnement de ces pompes à air comprimé est basé sur la différence de pression entre l'air dans les compartiments de réception des matériaux dragués et l'eau au-dessus de la pompe. Cet équipement est particulièrement adapté au dragage des sédiments contaminés. Les matériaux sont ensuite évacués par chaland ou par conduite flottante.

#### **1.1.4. Techniques de transport et de rejet**

##### ***1.1.4.1. Dépôt à terre***

Dans le cas de volumes limités, les dépôts à terre des sédiments à faible teneur en eau peuvent se faire directement à la benne. Les sédiments peuvent être

placés dans des chambres de dépôt qui permettent leur consolidation et facilitent par exemple la réalisation de terre-pleins portuaires (ALZIEU, 1999).

#### ***1.1.4.2. Rejet par émissaire ou par conduite***

Les conduites métalliques ou plastiques sont utilisées pour le transport des matériaux de dragage en mélange aqueux. Ces conduites peuvent être flottantes, immergées ou déposées à terre. Le rejet par émissaire en mer se fait généralement à la suite d'un dragage par aspiration. Les sédiments sont alors refoulés par une conduite, soit en surface, soit au fond. Lorsque la puissance de la drague refouleuse n'est pas suffisante pour la totalité du transport, des relais de pompage peuvent être installés.

#### ***1.1.4.3. Clapage ou immersion***

Les sédiments extraits soit par des moyens mécaniques, soit par aspiration, peuvent donner lieu à des opérations de clapage sur des zones d'immersion bien localisées.

### ***1.2. Les modalités du dragage***

Les ports, qu'ils soient d'estuaire ou ouverts sur la mer, sont souvent constitués par un chenal d'accès, un avant-port ou un port à marée et/ou des bassins à flot. Les modalités du dragage diffèrent selon ces zones, par la nature des sédiments à draguer et par le type de travaux à réaliser. Classiquement, on distingue trois types de dragage : entretien, approfondissement, aménagement de nouvelles aires portuaires.

#### **1.2.1. Dragage d'entretien**

Les opérations de dragage d'entretien concernent la majeure partie des travaux réalisés dans les ports. Ces opérations répétitives visent à extraire les sédiments qui se sont déposés et gênent la navigation. Elles sont quasi permanentes dans les estuaires et périodiques dans les ports ouverts sur la mer.

Il faut distinguer les opérations d'entretien selon qu'elles sont réalisées dans :

- Les chenaux d'accès estuariens, où la nature du fond varie en granulométrie, de particules fines pour la Loire et la Gironde à un mélange de sable et de vase pour la Seine, où la nature des matériaux est marquée par les apports telluriques pouvant être une source de contamination ;
- Les chenaux d'accès des ports maritimes, où la sédimentation est, la plupart du temps, à dominante sableuse et potentiellement non contaminée ;
- Les bassins à flots, où la sédimentation à dominante vaseuse est liée à la décantation des matières en suspension dans la colonne d'eau et où le fond

marin est caractérisé par une contamination partielle par les activités humaines environnantes (carénage, industrie, ...).

Différentes méthodes de travail sont mises en œuvre pour optimiser les dragages.

Dans les chenaux d'accès et près des quais, l'extraction des dépôts excédentaires est réalisée par des dragues mécaniques ou aspiratrices en marche. En fonction de leur nature, les déblais sont alors déposés à terre ou stockés dans des cuves ou des puits de drague et ensuite clapés en mer dans des zones délimitées et réservées à cet effet.

Dans les bassins portuaires, les courants généralement faibles et l'agitation réduite favorisent la sédimentation vaseuse. Le taux de sédimentation étant connu, la périodicité des dragages peut être prévisible et programmable. La concentration en contaminants de ces sédiments peut être élevée. Elle est représentative de l'activité historique de la zone confinée. Les techniques de dragage doivent tenir compte de ces conditions et être les moins polluantes possibles pour l'environnement. Les navires utilisés pourront être les dragues à balayage, les dragues coupeuses à disque ou les dragues environnementales à vis sans fin (voir § 1.1.2.4).

### **1.2.2. Dragage d'approfondissement et aménagement de nouvelles aires portuaires**

L'évolution de la taille des navires suppose une modernisation des ports et en particulier l'adaptation du seuil de navigation pour les chenaux d'accès et les bassins. Ces travaux nécessitent de déplacer d'importants volumes de sédiment et demandent des moyens de dragage importants. La nature de ces sédiments est d'autant plus marquée par les activités humaines historiques environnantes, résultant en une contamination potentielle variable, que le dragage s'effectue en profondeur dans le sous-sol.

### **1.2.3. Les opérateurs du dragage**

L'entretien de l'accès aux zones portuaires est de la responsabilité de l'État. Les travaux d'entretien sont assurés par le matériel de dragage du Groupement d'Intérêt Économique « Dragages-ports » (GIE Dragages-ports). Ce dernier a été créé en 1979 entre l'État, les Ports Autonomes et les ports d'intérêt national pour acquérir et gérer le parc de matériel de dragage. Le GIE Dragages-ports est propriétaire du matériel de dragage et des engins de service et loue ce matériel aux différents Ports Autonomes et d'intérêt national qui en assurent l'armement.

Les dragages pour les travaux neufs ne sont pas assurés par le GIE Dragages-ports mais par des entreprises privées qui ont le savoir-faire et le matériel adapté.

Les petits ports de plaisance s'équipent de matériel de dragage léger pour assurer leurs travaux d'entretien périodiques. En dehors des périodes d'activité, ces ports proposent leurs propres moyens de dragage à d'autres ports.

### 1.3. Quantité et qualité des matériaux dragués en France

#### 1.3.1. Quantité des matériaux dragués en France

Environ 25 à 45 millions de tonnes de sédiments (matière sèche) sont annuellement dragués pour l'entretien des ports et rejetés dans le milieu marin (Figure 2 et 3).

Les volumes de matériaux déplacés les plus importants proviennent des grands ports. Les trois ports d'estuaire (Rouen, Nantes-Saint-Nazaire et Bordeaux) font état d'un volume moyen annuel d'environ 15 millions de tonnes. Les cinq grands ports maritimes, Dunkerque, Calais, Boulogne, Le Havre et La Rochelle, draguent un volume moyen annuel d'environ 4 millions de tonnes. Les dragages d'entretien du Port Autonome de Marseille sont, en quantité, négligeables. La part importante (3/4) que prennent ces grands ports dans la quantité de matériaux rejetés en mer ne doit pas faire oublier les dragages, moins conséquents, des multiples autres enclaves portuaires. Ces quantités ne tiennent pas compte des dragages effectués dans le cadre de travaux neufs.

Au Havre, l'aménagement de Port 2000, a nécessité le dragage de 5 millions de tonnes de matière sèche en 2002 et 14 millions en 2003, et à Marseille, 5,5 millions de tonnes de sédiments ont été dragués pour la construction du terminal FOS 2XL.

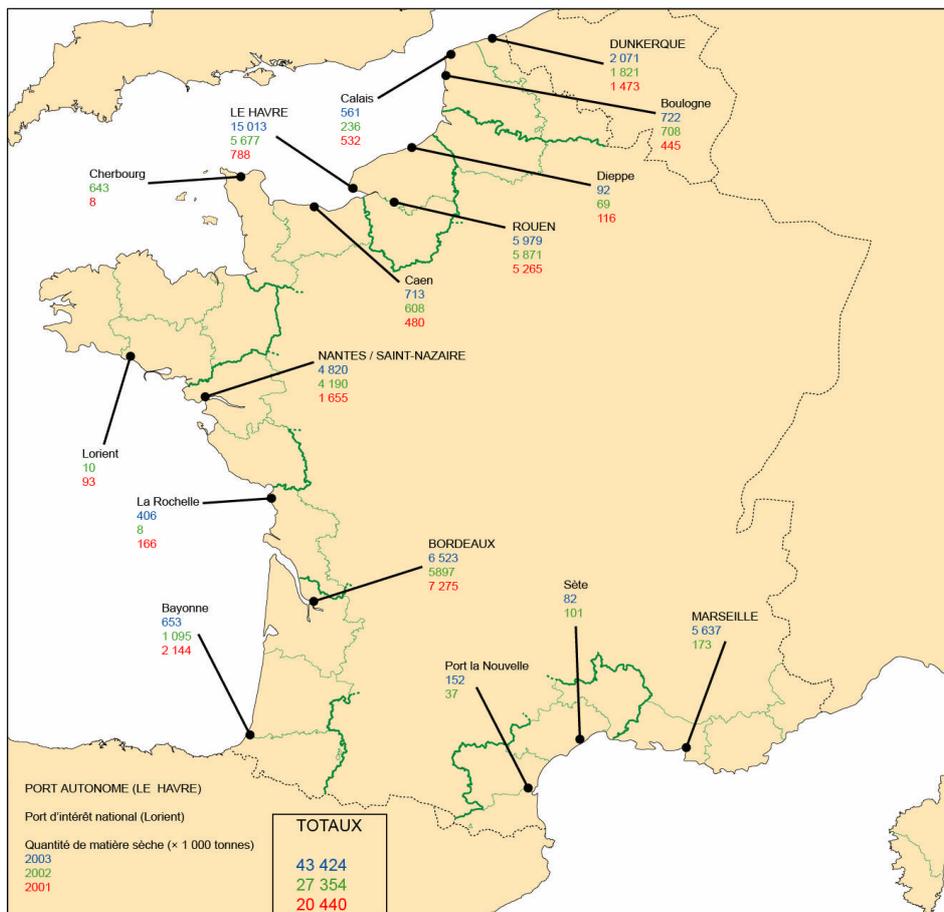
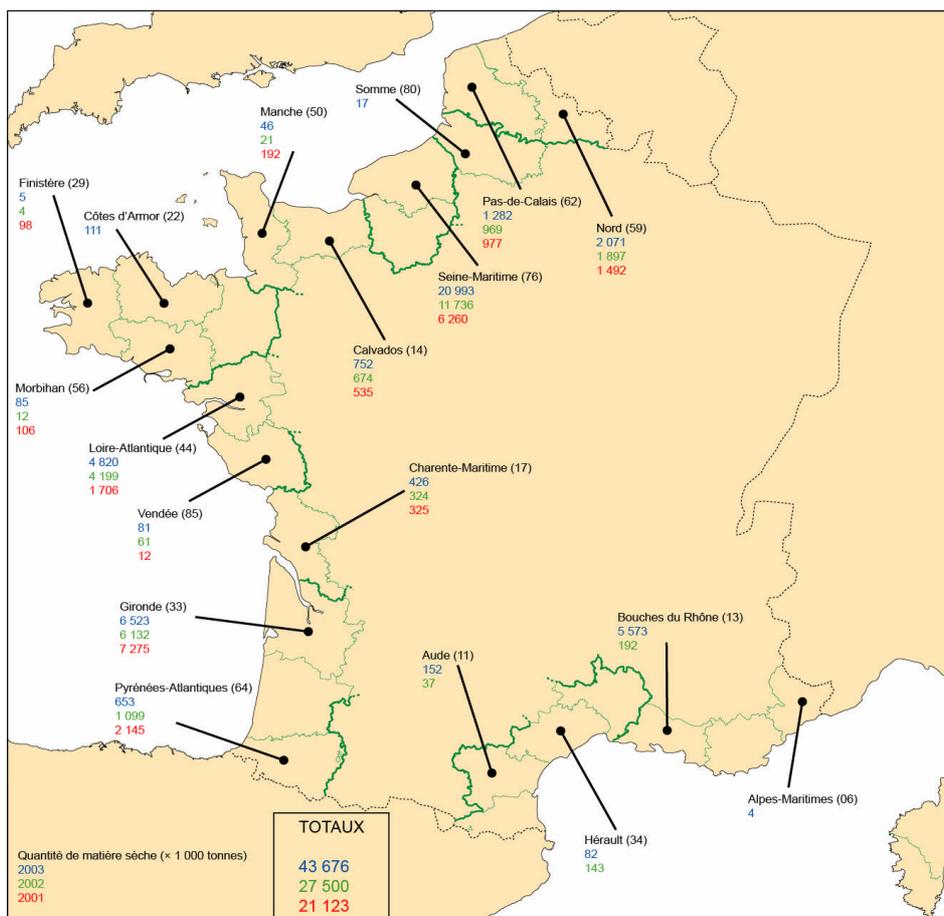


Figure 2 : Quantités de matériaux dragués (entretien et travaux neufs) dans les ports Autonomes et d'intérêt national français métropolitains en 2001, 2002 et 2003 (source Ministère de l'Équipement).



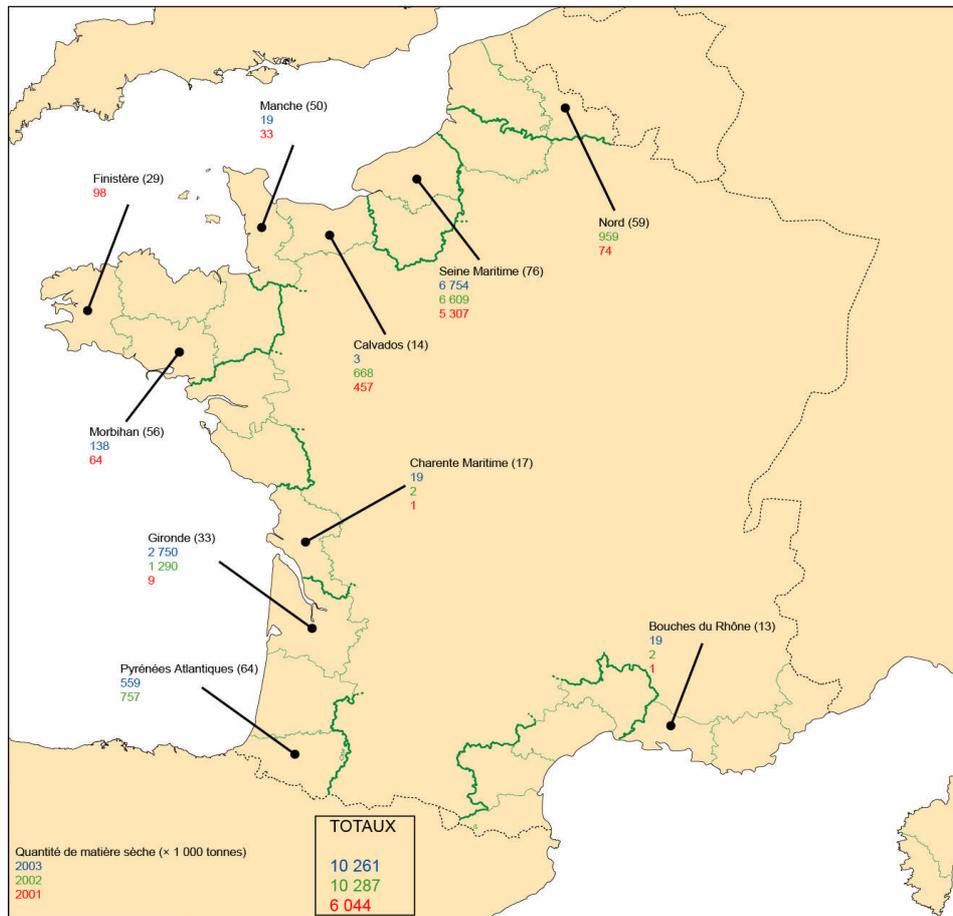
**Figure 3 :** Quantités de matériaux dragués (entretien et travaux neufs) par département en France métropolitaine en 2001, 2002 et 2003 (source Ministère de l'Équipement).

### 1.3.2. Qualité des matériaux dragués en France

Une circulaire conjointe du Ministère chargé de l'Environnement et du Ministère chargé de l'Équipement, en date du 24 mars 1988, fixe les conditions de prélèvement et d'analyse des déblais de dragage. Le nombre d'échantillons est fonction des volumes dragués et les analyses portent sur des paramètres de caractérisation des matériaux (granulométrie, teneur en aluminium et carbone organique total) ainsi que sur les concentrations en micropolluants métalliques et organiques. Ces campagnes de mesures permettent d'évaluer les qualités du matériau afin d'en déterminer le devenir : immersion, rechargement de plage, dépôt à terre, traitement ou autre.

Pour une valorisation en BTP et en amendement agricole, les matériaux recherchés sont de nature sableuse et non contaminée. Afin d'estimer la quantité de matériaux de dragage portuaire dans le cadre de l'entretien, seuls les matériaux dont la granulométrie est caractérisée par un pourcentage de passant à 63 µm inférieur à 50 % ont été sélectionnés (Figure 4). Les données sur la qualité des dragages portuaires (base de données DRAGAGE) fournies par les ports concernent les

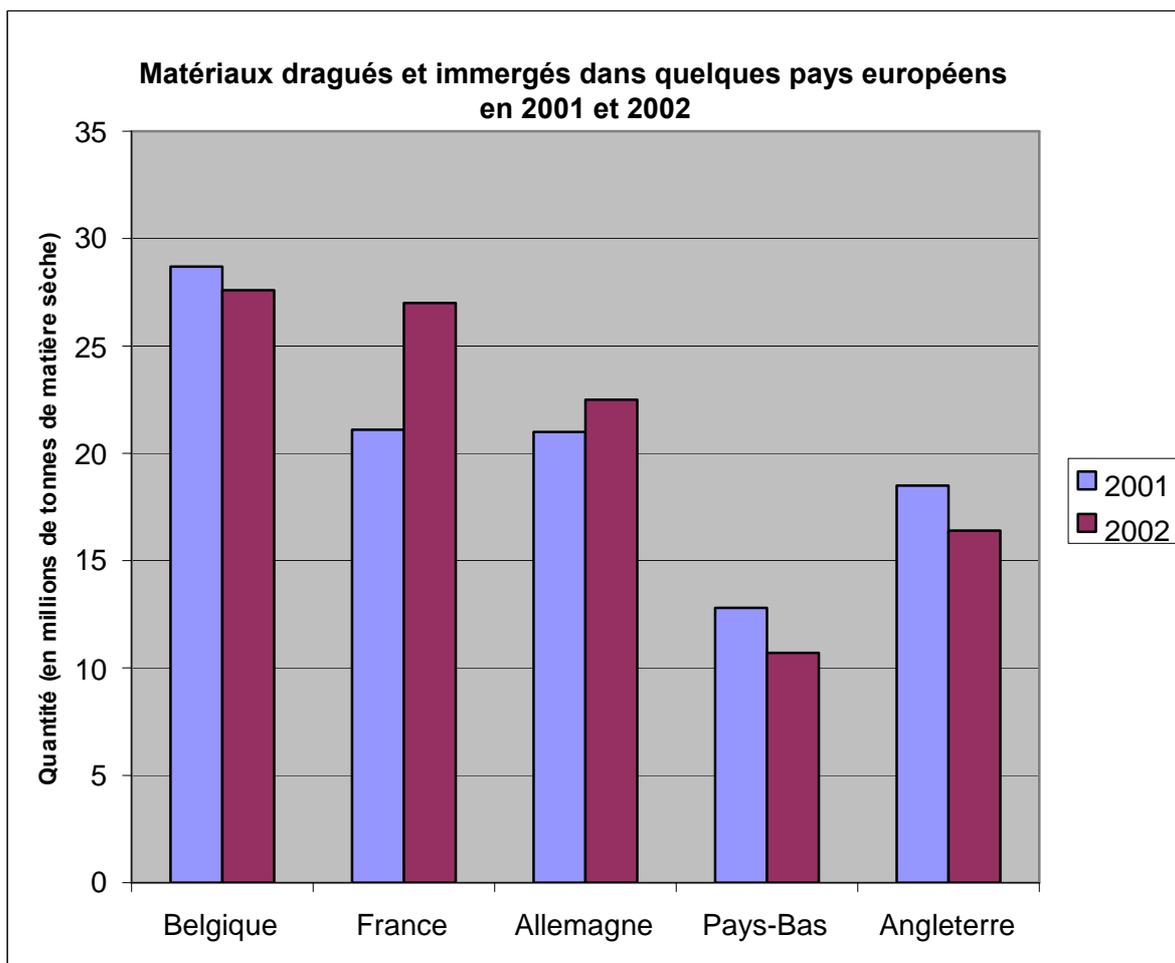
fractions granulométriques suivantes : supérieure à 2 mm, entre 2 mm et 63  $\mu\text{m}$ , entre 63  $\mu\text{m}$  et 2  $\mu\text{m}$  et inférieure à 2  $\mu\text{m}$ .



**Figure 4** : Quantités de matériaux sableux (moins de 50 % de passant à 63  $\mu\text{m}$ ) dragués par département en 2001, 2002 et 2003 (source Ministère de l'Équipement).

### 1.3.3. Quantité des matériaux dragués et immergés en Europe

Dans le cadre de la Convention OSPAR pour la protection marine du Nord-Est de l'Atlantique et de la mer du Nord, un rapport, faisant le bilan des quantités de matériaux dragués dans les ports européens et de leur qualité (teneur en métaux lourds), est publié annuellement (Figure 5). Des pays tels que le Danemark, l'Irlande, le Portugal et l'Espagne ne draguent que quelques tonnes de matériaux par an et n'ont donc pas été pris en compte.



**Figure 5 :** Quantité de matériaux dragués et immergés dans quelques pays européens de l'Atlantique Nord-Est en 2001 et 2002 (source OSPAR commission, 2003).

## *1.4. Aspects réglementaires*

### **1.4.1. Les opérations de dragage**

- La loi sur l'eau et les textes associés

La première étape du dragage d'un port maritime consiste à caractériser les sédiments en place. Aujourd'hui, la France s'est dotée d'un système de référentiel officiel qui est défini par l'arrêté interministériel du 14 juin 2000 relatif au niveau de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire (J.O. du 10 août 2000). Cet arrêté donne des seuils de concentration pour différents contaminants. Il est accompagné d'une circulaire du Ministère chargé de l'Équipement (n° 2000-62 du 14 juin 2000, publiée au B.O. du 10 septembre 2000), relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire défini par arrêté interministériel, et d'instructions techniques qui indiquent les modes opératoires ainsi que la liste des analyses à effectuer dans le

cadre d'un dragage. Il officialise les niveaux de référence dits « GÉODE » pour les éléments métalliques traces et les micropolluants.

Le Groupe d'Études et d'Observations du Dragage et de l'Environnement (GÉODE) a été créé en décembre 1990 par la Direction des Ports et de la Navigation Maritime du Ministère de l'Équipement. Les membres du groupe se répartissent entre les Ministères chargés de l'Environnement (Direction de l'Eau), de la Défense (Marine Nationale) et de l'Équipement (Direction des Ports et de la Navigation), mais aussi les Ports Autonomes de Bordeaux, Dunkerque, Le Havre, Nantes-Saint-Nazaire, Rouen et Marseille, ainsi que les ports d'intérêt national de Boulogne-sur-Mer, Calais et La Rochelle, et des experts scientifiques M. Latouche (CNRS-Université de Bordeaux 1) et M. Alzieu (Ifremer).

Les valeurs référence « GÉODE » ont été définies par un procédé statistique, en s'appuyant sur 445 fiches d'analyses d'échantillons portuaires et littoraux sur toute la France. L'arrêté interministériel du 14 juin 2000 reprend donc 8 éléments traces métalliques et 7 congénères polychlorobenzènes (PCB) pour lesquels il définit deux seuils de contamination à partir desquels doit être appréciée l'incidence de l'opération sur le milieu : un niveau bas N1 et un niveau haut N2 (Tableau 6 et Tableau 7).

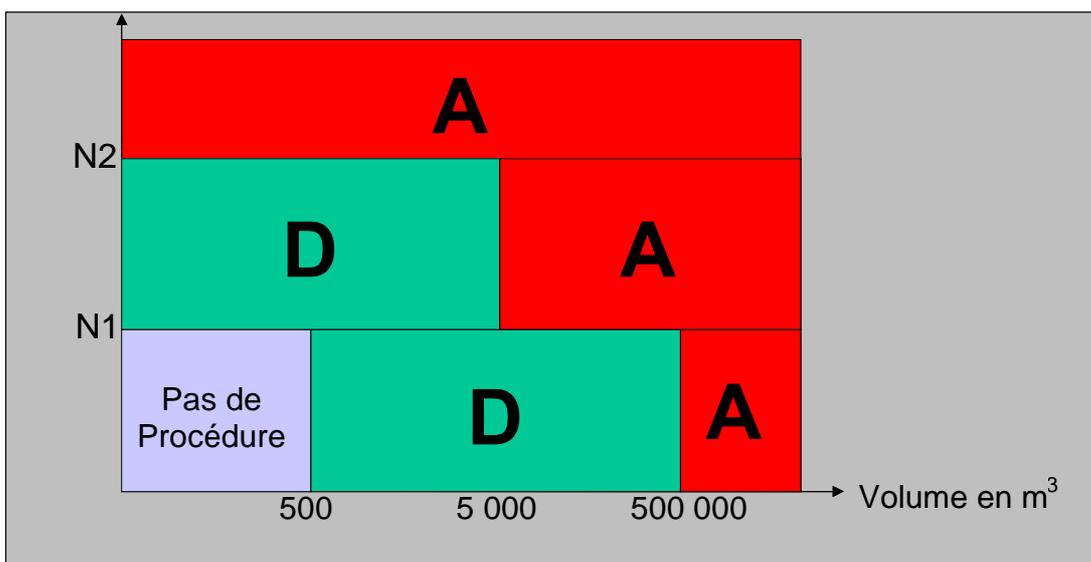
<b>Éléments traces</b>	<b>Unités</b>	<b>Niveau N1</b>	<b>Niveau N2</b>
Arsenic (As)	mg/kg	25	50
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,2	2,4
Chrome (Cr)	mg/kg	90	180
Cuivre (Cu)	mg/kg	45	90
Mercure (Hg)	mg/kg	0,4	0,8
Nickel (Ni)	mg/kg	37	74
Plomb (Pb)	mg/kg	100	200
Zinc (Zn)	mg/kg	276	552

**Tableau 6** : Niveaux du référentiel de qualité pour la teneur en éléments traces métalliques.

<b>Polluants organiques</b>	<b>Unités</b>	<b>Niveau N1</b>	<b>Niveau N2</b>
PCB Totaux	mg/kg	0,5	1
PCB.28	mg/kg	0,025	0,05
PCB.52	mg/kg	0,025	0,05
PCB.101	mg/kg	0,05	0,1
PCB.118	mg/kg	0,025	0,05
PCB.138	mg/kg	0,05	0,1
PCB.153	mg/kg	0,05	0,1
PCB.180	mg/kg	0,025	0,05

**Tableau 7** : Niveaux du référentiel de qualité pour la teneur en PCB.

Les niveaux de référence définis par l'arrêté interministériel sont utilisés dans le cadre du décret n° 2001-189 (du 23 février 2001, publié au J.O. du 27 février 2001), modifiant le décret n° 93-742 du 29 mars 1993 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues par l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau, mais aussi le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à ces procédures, et qui révisé donc le régime de la procédure appliquée au dragage (soit la Déclaration, soit l'Autorisation) dans le cadre du titre Mer. Le régime d'autorisation et de déclaration est fixé en fonction de la sensibilité de l'environnement, de la qualité et de la quantité des sédiments dragués (Figure 8).



**Figure 8** : Régime de la procédure à appliquer (D=Déclaration, A=Autorisation).

La circulaire 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 du 14 juin 2000, définit les modalités de la mise en oeuvre du référentiel de qualité. Elle établit en particulier les analyses à réaliser et l'ordre dans lequel elles doivent être faites. Au-dessous du niveau N1, l'impact potentiel est jugé neutre ou négligeable ; néanmoins, dans certains cas exceptionnels un approfondissement d'études et d'analyses peut s'avérer utile. Entre N1 et N2, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet, de la sensibilité du milieu considéré et du degré de dépassement du seuil. De façon générale, cette investigation doit être proportionnelle à l'opération. Au-delà du niveau N2, une investigation complémentaire doit être entreprise car les indices de contamination notables présagent d'un impact potentiel négatif de l'opération sur le milieu. Cette investigation complémentaire peut comporter une étude spécifique sur la sensibilité du milieu au contaminant concerné, une série de tests d'écotoxicité du sédiment et une évaluation de l'impact sur le milieu.

Enfin, les instructions techniques associées à l'arrêté interministériel et à sa circulaire déterminent le protocole d'échantillonnage des prélèvements sédimentaires

et les normes d'analyse à appliquer. Elles prennent en compte le mode de prélèvement par carottage pour les travaux neufs et par prélèvement superficiel à la benne pour les travaux d'entretien.

Le nombre de prélèvement à réaliser est défini en fonction de la zone à draguer (zone ouverte comme un chenal ou confiné comme un bassin portuaire) et du volume des sédiments à extraire. Il existe un cas particulier pour les ports de plaisance pour lesquels le nombre d'échantillons à analyser est fonction de la capacité du port (ex. : nombre d'anneaux pour les ports de plaisance).

- La réglementation connexe

Selon la typologie des ports et des opérations de dragage, ainsi que les montants des travaux, certains chantiers doivent prendre en compte d'autres textes réglementaires :

- Le code des ports maritimes pour les préconisations générales marines ;
- La loi n°76-629 (10 juillet 1976) sur la protection de la nature pour les aménagements qui engendrent des modifications importantes de l'environnement ;
- La loi dite « Bouchardeau » relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement pour les opérations d'un montant supérieur à 1,9 millions d'euros ;
- La loi « littoral » n° 86-2 (3 janvier 1986) relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral en cas de rechargement de plage.

#### 1.4.2. Les opérations d'immersion

Le permis d'immersion des déblais de dragage est régi par :

- La loi n° 76-599 (7 juillet 1976) relative à la prévention et à la répression de la pollution marine par les opérations d'immersion effectuées par les navires et les aéronefs, et à la lutte contre la pollution marine accidentelle, qui devrait prochainement être remplacée par une ordonnance ;
- L'arrêté du 14 juin 2000 (J.O. du 10 août 2000) et sa circulaire d'application, relative à la méthode de caractérisation des déblais.

La loi n° 76-599, relative à la prévention et à la répression de la pollution marine par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs et à la lutte contre la pollution marine accidentelle, ainsi que son décret traduisent dans le droit français la Convention International d'Oslo du 15 février 1972, ratifiée par la France le 20 février 1974. Depuis, la convention de Paris du 22 septembre 1992 (OSPAR) s'est substituée à la convention d'Oslo pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est et de la mer du Nord. Concernant la Méditerranée, la Convention de Barcelone du 16 février 1976 s'applique sur l'ensemble de la Méditerranée, y compris les eaux intérieures et territoriales des États signataires et a pour objet la protection de la mer Méditerranée contre toutes pollutions potentielles, immersion de déblais de dragage compris.

Les dispositions de cette loi s'appliquent principalement à mettre en place des mesures de prévention et de recherche pour une meilleure gestion des déblais, avec notamment l'établissement d'une surveillance du milieu marin. La procédure du permis d'immersion est particulière. Le dossier de demande est transmis et soumis à enquête publique sans commissaire-enquêteur. Cette particularité devrait être supprimée par la prochaine ordonnance et remplacée par une demande d'autorisation ou de déclaration, ayant des procédures équivalentes à celles de la Police de L'Eau. Le permis est délivré pour une durée maximale de 5 ans renouvelable par périodes de mêmes durées.

#### **1.4.3. Les opérations de stockage à terre**

Le Comité National Technique sur la Gestion des Sédiments (CNTGS), dont le secrétariat est assuré par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD), s'est réuni le mardi 24 septembre 2002 pour la deuxième fois depuis sa création en juin 1999. Ce Comité a pour objectif de réaliser des études techniques et de proposer une réglementation sur la gestion des sédiments à terre (marins et continentaux).

Une première approche juridique a été réalisée par une note du MEDD du 18 septembre 2002. Cette approche se fonde sur le décret n° 2002-540 (18 avril 2002) relatif à la classification des déchets, qui reprend la nomenclature européenne des déchets, et qui classe les sédiments sous la rubrique 17 05 05\* correspondant à des boues de dragage contenant des substances dangereuses ou la rubrique 17 05 06 regroupant les boues de dragage autres que celles visées à la rubrique 17 05 05\* (l'astérisque qui suit le code indique que le déchet est dangereux).

Les sédiments enlevés de leurs lieux de dragage deviennent alors des déchets, à partir du moment où leur filière de destination est terrestre. Une note juridique sur la gestion des sédiments extraits des cours d'eau et canaux précise que si le déchet subit un traitement pour le rendre directement utilisable, ou en extraire une partie utilisable, le déchet (ou la partie extraite) rendu utilisable peut être considéré comme matière première ou matériau valorisable.

Par contre, dès lors que l'installation de traitement est classée dans la rubrique 2510 (carrière) de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) (décret n° 53-578 du 20 mai 1953), les sédiments extraits n'ont plus le statut de déchet, il s'agit de matières premières brutes qu'il faudra peut être traiter.

Donc, seule l'opération de dragage est réglementée par la rubrique 3.4.0 « Dragage et rejet y afférent » (Titre mer, arrêté du 14 juin 2000 et sa circulaire d'application). Si les matériaux de dragage sont stockés à terre, ils sont alors considérés comme des déchets.

### ***1.5. Devenir actuel des sédiments de dragage portuaire***

Selon les risques qu'ils présentent pour l'environnement, les matériaux dragués peuvent être soit immergés dans des zones autorisées, soit déposés à terre en vue d'un stockage ou d'un traitement, soit utilisés pour des rechargements de plage. Le dépôt à terre constitue une solution alternative quand l'immersion présente des risques pour des zones sensibles, mais il nécessite d'importantes surfaces de

stockage. De même, la mise en œuvre des techniques de traitements physico-chimique, biologique ou d'élimination, est réservée, en raison de leur coût élevé, à de faibles volumes de sédiments fortement contaminés. Ceci explique que la majeure partie des sédiments dragués soit restituée au milieu naturel.

En effet, actuellement presque la totalité des matériaux dragués dans les ports est rejetée en mer, sauf ceux qui sont pollués, sont stockés à terre. En 2002 et 2003, le Ministère de l'Équipement a recensé le devenir des matériaux dragués selon qu'ils ont été immergés, stockés à terre ou utilisés pour des rechargements de plage (Tableau 9).

Devenir	2003	
	Quantité de matière sèche (*1000 t)	%
Rechargement de plage	1202	4
Stockage à terre	338	1
Immersion	27162	95
TOTAL	28702	100

**Tableau 9 :** Devenir des sédiments de dragage portuaire en France métropolitaine en 2003 (source Ministère de l'Équipement).

En 2003, 95 % des matériaux dragués ont été immergés. L'immersion est donc la filière d'élimination la plus répandue.



## **2. Filières de valorisation**

On a vu précédemment que près de 30 % (10 millions de tonnes) des matériaux dragués étaient des sables potentiellement de bonne qualité ; l'immersion de ces matériaux constitue donc une perte économique importante, alors qu'ils pourraient être revalorisés à terre.

Si l'on considère la définition du développement durable donnée en 1987 par Mme Gro Harlem Brundtland (Premier ministre norvégien), il s'agit : « d'un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». A ce titre, la valorisation des déblais de dragage portuaire s'inscrit dans cette logique. D'une part, les déblais sont, la plupart du temps, immergés dans des zones quelconques, et pas principalement dans des zones en érosion. Leur immersion n'a donc pas de but précis et ne répond pas à un besoin qui pourrait se faire ressentir pour les générations futures. D'autre part, ces déblais peuvent répondre à un besoin présent, car la ressource en granulats à terre est limitée.

Il faut cependant garder à l'esprit que le but principal est d'assurer la navigation dans les ports et non de commercialiser des matériaux.

Trois filières de valorisation seront étudiées, afin d'évaluer si les déblais de dragages portuaires auraient des usages dans les secteurs du Bâtiment et des Travaux publics, de l'agronomie et du rechargement de plage.

### ***2.1. Filière du Bâtiment et des Travaux publics (BTP)***

#### **2.1.1. Besoin**

Les granulats sont un des matériaux de base de la filière du BTP, notamment indispensables à la fabrication du béton et des chaussées routières. Les granulats produits en France proviennent très majoritairement de carrières terrestres et sont issus de gisements alluvionnaires dont la ressource s'épuise alors qu'ils sont en général plus appropriés que les granulats de roches massives pour la fabrication de béton.

L'exploitation de carrières devient difficile sur le territoire car des impératifs urbanistiques ou environnementaux freinent leur ouverture ou leur extension.

La production nationale de granulats marins s'élève à 4 millions de tonnes par an depuis 1998, soit environ 1 % de la production totale de granulats. Devant ce constat, la production de granulats marins serait amenée à se développer pour tenir compte, d'une part de l'épuisement progressif des ressources en granulats alluvionnaires, et d'autre part de la limitation des extractions de granulats terrestres en lit majeur pour des raisons de protection de l'environnement. Toutefois, ces extractions marines devront également respecter le milieu.

### 2.1.2. Matériau idéal pour une utilisation en BTP

- Granulométrie : le matériau dragué doit être au moins du sable 0/2 (taille des grains de 0 à 2 mm). La majorité des sables utilisés dans le BTP sont des sables 0/4, donc il faudra compléter les matériaux dragués avec du sable 2/4, afin de permettre un plus grand nombre d'utilisation ;
- Teneur en coquilles : le matériau dragué ne doit pas contenir d'éléments coquilliers. La teneur en éléments coquilliers, exprimée en pourcentage, correspond à des taux pondéraux de  $\text{CaCO}_3$ . Ces taux sont déterminés par analyse chimique soit à raison d'une analyse par échantillon dans le cas de sables fins homogènes, soit en effectuant la moyenne pondérée des teneurs en calcaire de chaque fraction granulométrique d'un échantillon. Au-delà de 30 %, la teneur en coquilles peut être nuisible car il s'agit souvent d'éléments creux et arrondis qui diminuent fortement la portance du sable (AUGRIS, CRESSARD, 1984) ;
- Présence de micas : les déblais de dragage portuaire peuvent aussi contenir des micas et, à un degré moindre, certains feldspaths. Les comptages minéralogiques effectués par fraction granulométrique permettent de mettre en évidence la répartition des teneurs en micas en fonction de la taille des matériaux. En général, les micas se retrouvent dans la fraction fine, ce qui peut amener une amélioration sensible de la composition minéralogique au cours de l'exploitation par dragues aspiratrices, les éléments fins étant remis en suspension et éliminés avec la surverse. La présence de micas en quantité notable et parfois de feldspaths est néfaste pour la maniabilité du béton et surtout sur la résistance, le retrait et la tendance à la fissuration des bétons (AUGRIS, CRESSARD, 1984) ;
- Salinité : la salinité de l'eau de mer entraîne la présence d'ions chlorures dans les matériaux dragués. Ces derniers retardent la prise des bétons et favorisent la corrosion des armatures métalliques des bétons armés et précontraints.

### 2.1.3. Réglementation et normes existantes

Il existe un très grand nombre de normes concernant les granulats, leurs utilisations dans les bétons et dans les terrassements routiers, ainsi que des normes concernant les méthodes d'essais. La norme XP P 18-545 (février 2004) est la plus générale et reprend les définitions, la conformité et les spécifications des granulats.

Cette norme donne la définition suivante des sables : on est en présence de sable lorsque la plus grande dimension D (diamètre des grains), déterminée par l'analyse granulométrique par tamisage, est comprise entre 1 et 6,3 mm.

La norme définit aussi les règles générales permettant au fournisseur d'effectuer son contrôle de production et de vérifier la conformité de ses produits aux spécifications. Les résultats à prendre en compte sont :

- La granulométrie des sables et gravillons (en %/mm). La norme induit des exigences sur les dimensions des grains, plus particulièrement sur le pourcentage de passant à différentes mailles de tamis telles D, 1,58 D et 2 D. La granulométrie est renseignée par une distribution dimensionnelle des

grains, exprimée comme un pourcentage massique de matériau, passant au travers d'un ensemble spécifié de tamis ;

- La teneur en fines (en %) qui est la fraction granulométrique d'un sédiment qui passe au tamis de 0,063 mm ;
- La quantité et l'activité de la fraction argileuse d'un sédiment est donnée par la valeur de bleu de méthylène. La valeur de bleu s'exprime par la quantité (en grammes) de bleu consommée par 100 grammes de sédiment. ;
- La teneur en chlorure des granulats marins est exprimée en pourcentage.

De plus, des intervalles de valeurs sont données selon les applications envisagées, telles que les couches de fondation, les couches de chaussées, bétons de ciment et bétons hydrauliques. Ces valeurs concernent principalement les résultats aux essais Los Angeles et micro-Deval, ainsi que la granulométrie. Pour les bétons de ciment, il est indiqué que si la teneur en chlorure est supérieure à 0,01 %, elle doit être communiquée. De plus, la teneur en éléments coquilliers ne doit pas dépasser 10 %. Pour les sables d'extraction alluvionnaire ou marine, la valeur d'écoulement des sables (en seconde) doit être donnée afin de déterminer l'angularité du matériau.

Quel que soit le matériau, une fiche technique de produit doit être remplie. C'est un document daté, lié à un usage et comprenant les valeurs spécifiées de toutes les caractéristiques normalisées que le fournisseur s'engage à respecter.

#### 2.1.4. **Traitement**

La salinité de l'eau de mer se traduit par la présence d'ions chlorures dans les déblais de dragage portuaire. Dans le cas des extractions par aspiration et de déchargement par refoulement hydraulique, on constate que la teneur en ions chlorures du matériau est très faible. Elle dépend aussi du temps de stockage à terre et des éventuelles précipitations durant cette période. Si la teneur n'est pas inférieure à 0,01 %, un lavage après déchargement permet de satisfaire l'exigence des normes. Sinon, le matériau peut être vendu directement en indiquant la teneur en ions chlorures.

Il existe aussi des traitements physico-chimiques de déchloration. Il s'agit de réactions chimiques permettant le remplacement des atomes de chlore par des métaux alcalins par exemple. Par contre, le coût est très élevé, entre 50 et 80 € par tonne de matière sèche.

En France, aucun traitement n'est réalisé par les extracteurs de granulats marins.

#### 2.1.5. **Coût**

Si aucun traitement n'est réalisé, le coût comprend l'opération de dragage et de dépôt à terre, auquel il faut ajouter le transport jusqu'au lieu de déchargement.

## 2.1.6. Étude de cas d'une grave routière à base de sable de dragage du Port Autonome de Dunkerque

Une étude a été réalisée pour valoriser le sable déposé au Port Autonome de Dunkerque dans le cadre d'une grave routière (GREGOIRE, ABRIAK, BERNARD, 2003).

Le Port Autonome de Dunkerque dispose annuellement d'une quantité considérable de sable de dragage extrait de l'avant-port pour éviter son ensablement. La formulation pour la grave routière déterminée lors de cette étude a répondu à certaines caractéristiques (compacité, portance, résistance) et a présenté des avantages économiques.

### 2.1.6.1. Caractérisation du sable

Dans un premier temps, une caractérisation complète du sable de dragage est présentée : analyses minéralogique, chimique et géotechnique. L'objectif de ce travail préliminaire est d'évaluer les polluants potentiels du sable et de déterminer les caractéristiques physiques nécessaires pour les formulations.

- *Analyses minéralogique et chimique*

Il s'agit d'identifier la nature des minéraux du sable. L'analyse montre que le sable de dragage est composé de quartz (80 %) et de calcite (9 %).

- *Test de lixiviation*

Le test de lixiviation est considéré actuellement comme un outil indispensable pour la prédiction du comportement des déchets. Ce test est réalisé car, une fois à terre, les sédiments ont le statut de déchet. Il consiste en la mise en contact de 100 grammes d'échantillon avec un litre d'eau pendant 3x16 heures à l'aide d'un agitateur à une vitesse de 60 oscillations par minute. C'est l'essai de lixiviation X31-210 (AFNOR 1992).

Les résultats obtenus sont comparés aux valeurs limites, définies dans la circulaire «Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères» de 1994 (Tableau 10), en dessous desquelles les mâchefers peuvent être considérés comme valorisables en technique routière.

Éléments	mg/kg de matière sèche	Critères de valorisation d'un mâchefer
COT	140	<1 500 mg/kg
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<790	<10 000 mg/kg
Cr VI	<0,6	<1,5 mg/kg
As	<0,07	<2 mg/kg
Cd	<0,3	<1 mg/kg
Hg	<0,03	<0,2 mg/kg
Pb	<6	<10 mg/kg

**Tableau 10:** Résultats de l'essai de lixiviation X31-210 (AFNOR 1992) sur le sable de dragage du Port Autonome de Dunkerque.

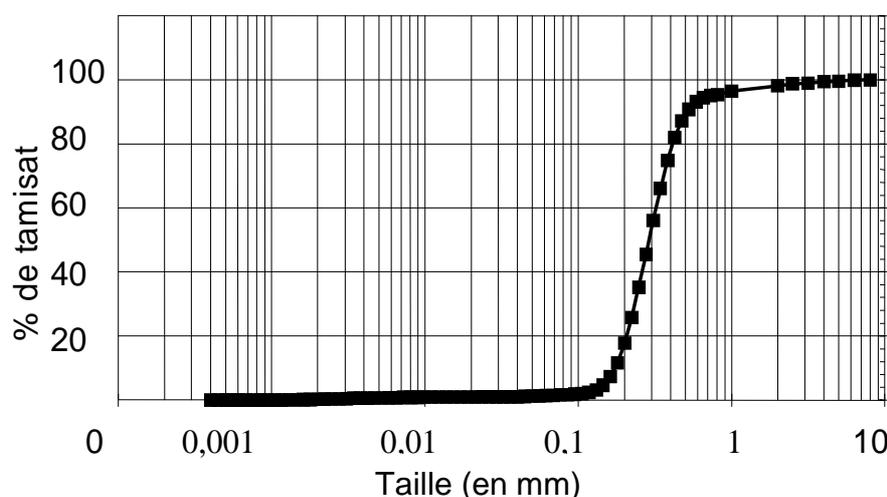
Les résultats permettent de conclure que le sable de dragage déposé au Port Autonome de Dunkerque est faiblement pollué et peut être valorisé en technique routière.

- *Analyse géotechnique :*

Il s'agit ici de déterminer les caractéristiques géotechniques des sables, étape nécessaire avant toute tentative de valorisation de ce matériau comme constituant des chaussées. Les paramètres retenus sont ceux définis dans le guide « Réalisation des remblais et couches de forme » (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 1992) : teneur en eau, granulométrie, masse volumique apparente et absolue (au pycnomètre à hélium), essai au bleu de méthylène, équivalent de sable, module de finesse.

Les caractéristiques du sable de dragage du Port Autonome de Dunkerque sont :

- Teneur en eau naturelle (en %) : 5,5
- Masse volumique apparente (en g/cm<sup>3</sup>) : 1,41
- Masse volumique absolue (en g/cm<sup>3</sup>) : 2,62
- Equivalent de sable visuel : 93,8
- Equivalent de sable (piston) : 82,4
- Valeur au bleu de méthylène (pour 100 g) : 0,1
- Module de finesse : 0,9
- Test d'alcali réaction (Essai microbar) : non réactif
- Granulométrie (Figure 11)



**Figure 11 :** Granulométrie du sable de dragage du Port Autonome de Dunkerque.

Avec 2 % d'éléments inférieurs à 0,08 mm et 90 % d'éléments inférieurs à 0,5 mm, ce sable peut être classé d'un point de vue granulaire comme un sable moyen. Sa faible valeur au bleu de méthylène permet de confirmer le caractère propre du sable.

La granulométrie est très concentrée : près de 90 % des grains ont un diamètre compris entre 0,1 mm et 0,5 mm. Cela laisse supposer que le sable seul ne pourra pas avoir une compacité suffisamment grande, et par la suite un Indice

Portant Immédiat (IPI) adéquat. Un traitement aux liants hydrauliques et l'utilisation d'un matériau correcteur se révéleront certainement indispensables.

### ***2.1.6.2. Formulations de la grave routière***

Les graves routières, en particulier celles destinées aux couches d'assise de chaussée, doivent répondre à des caractéristiques mécaniques bien précises : Indice Portant Immédiat, module d'élasticité, résistance à la traction.

L'IPI d'un sable caractérise son aptitude à être porté à une densité élevée (compactabilité) et à ne pas se déformer sous le trafic de chantier. Un compactage aisé et une traficabilité correcte dans les conditions normales de sollicitation seront obtenus avec un indice portant immédiat (IPI) compris entre 40 et 60.

Comme le laissait prévoir la granulométrie non étalée du sable, après détermination des caractéristiques de compactage à l'énergie Proctor modifié du sable de dragage seul, il apparaît une insuffisance notable de ce matériau en densité sèche d'une part et en Indice Portant Immédiat d'autre part :

- Densité sèche ( $\gamma_d$ ) : 1,63 à l'optimum (15 % d'eau) ;
- IPI maximal : 3, et sur une faible plage de teneur en eau (sensibilité à ce paramètre).

Il est donc nécessaire de faire appel à des matériaux correcteurs pour améliorer la portance du sable.

A la fin de cette étape, trois mélanges, respectant les conditions nécessaires, ont été retenues avec les dosages suivants :

- 52 % de sable de dragage, 40 % de sable du Boulonnais 0/4 mm, 8 % de ciment (CEM III/C 32.5 PMES) ;
- 60 % de sable de dragage, 30 % de sable du Boulonnais 0/4 mm, 10 % de ciment (CEM III/C 32.5 PMES) ;
- 72 % de sable de dragage, 21 % de sable du Boulonnais 0/4 mm, 7 % de ciment (CEM III/C 32.5 PMES).

Le fait de s'inscrire dans le fuseau granulométrique préconisé pour les graves 0/20 mm conduit à n'utiliser que 10 % de sable de dragage, ce qui n'est pas le but de la valorisation.

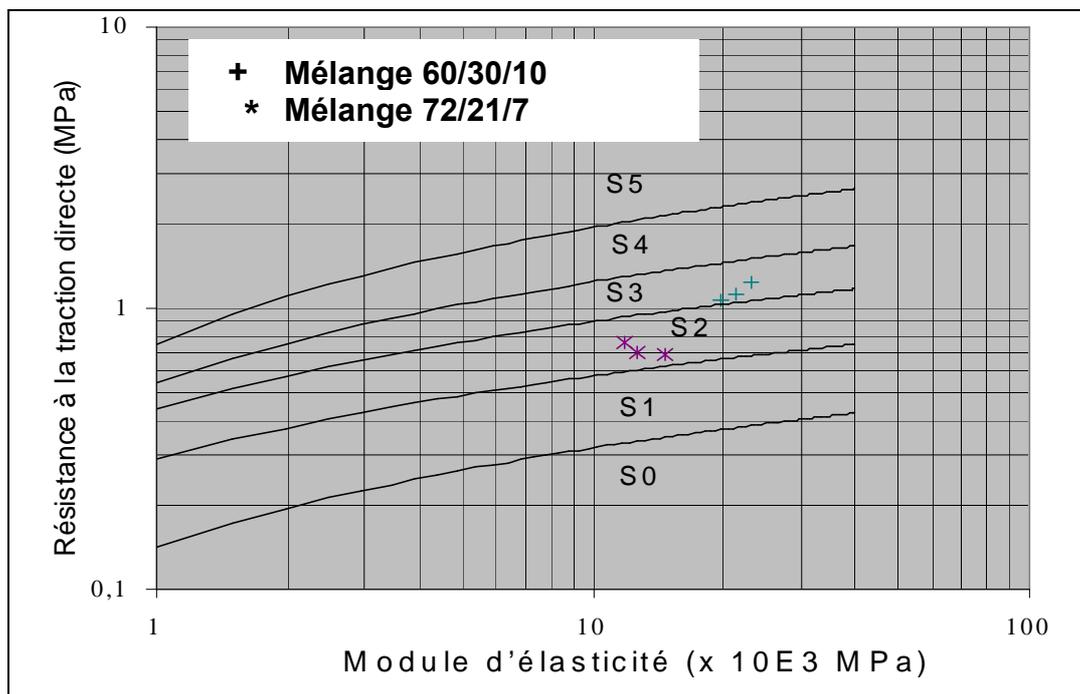
Le choix de la formulation optimale se fait par la détermination des caractéristiques mécaniques qui permettent de classer la micro-grave. Cette étape s'appuie sur la norme NF P 98-113 (AFNOR, 1994).

### ***2.1.6.3. Recherche des performances mécaniques***

Le passage obligé pour caractériser définitivement une grave consiste à mouler par vibrocompression des éprouvettes de diamètre 16 cm et de hauteur 32 cm, avec une zone centrale réduite de manière à ce que la rupture se produise dans cette partie de l'éprouvette. Elle est instrumentée pour pouvoir mesurer les déformations sous charge selon la norme NF P 98-114-2 (AFNOR, 1994). En cas de difficultés, la norme prévoit une simplification de la procédure ; des essais de traction par fendage peuvent alors être réalisés. Des coefficients d'équivalence permettent alors de revenir à des valeurs de traction directe.

Une approche rapide des performances mécaniques de résistance à la traction par fendage sur des éprouvettes de diamètre 5 cm et de hauteur 10 cm, obtenues par compression statique selon la norme NF P 98-230-2 (AFNOR, 1993) a montré que le premier mélange (cf. § 2.1.6.2) est moins performant que les deux autres. Par conséquent, l'étude sur les grandes éprouvettes n'a été réalisée qu'avec ces deux formulations.

Des séries de trois éprouvettes sur les deux mélanges retenus ont été confectionnées et testées à 28 jours. Les valeurs obtenues tant en résistance qu'en module d'élasticité sont projetées en valeurs équivalentes à un an grâce à des coefficients empiriques donnés par la norme NF P 98-230-2 (AFNOR, 1993) (Figure 12).



**Figure 12 :** Performances mécaniques des éprouvettes et classement des gravés suivant la norme NF P 98-230-2.

Ces résultats doivent être analysés selon un point de vue mécanique puis un point de vue économique.

Un dosage à 7 % de ciment permet d'obtenir une classe S2 suffisante pour les couches d'assise de chaussée. La situation des valeurs de la formulation au centre de la classe S2 n'impose pas, avant étude de l'influence des paramètres, d'adopter un dosage de 8 %.

Un dosage à 10 % de ciment permet d'atteindre la classe de résistance S3, mais sa sensibilité à la fissuration est plus importante (le ciment apporte un comportement fragile). Il est donc moins intéressant.

D'un point de vue économique, il est préférable d'utiliser le mélange à 7 % de ciment qui engendre un moindre coût.

## 2.2. Filière agricole : l'épandage

### 2.2.1. Principe

Le pH des sols est une caractéristique très importante. Les sols bretons sont essentiellement acides (pH = 6 en moyenne) (Figure 13), ce qui constitue un handicap pour l'agriculture. Mais il existe des techniques pour ramener le pH des sols à des valeurs plus neutres et plus adaptées au développement des plantes (pH compris entre 6 et 7). Pour diminuer l'acidité des sols, les agriculteurs épandent des amendements calcaires (substances au pH alcalin) qui augmentent le pH et l'amènent au niveau optimum pour la culture souhaitée.

En Bretagne, une variation de pH entraîne des différences de cultures (plus de maraîchage sur la bande côtière nord que dans l'intérieur de la Bretagne) et des pratiques culturales différentes car le sol n'a pas les mêmes propriétés physiques.

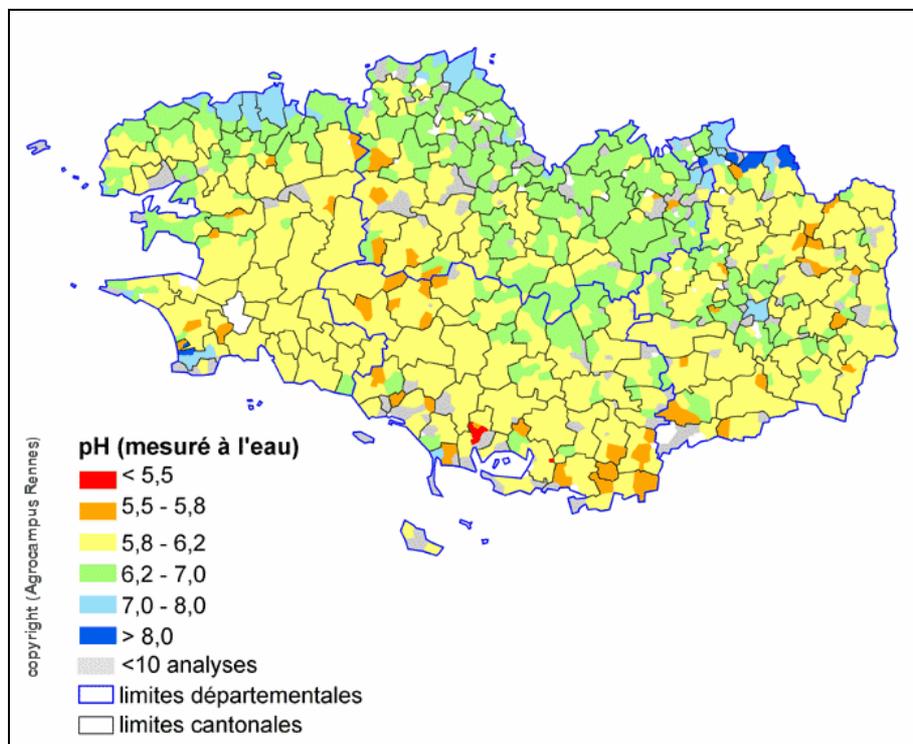


Figure 13 : pH des sols en Bretagne (source Agrocampus Rennes, 2001).

### 2.2.2. Besoin

Les amendements basiques sont utilisés principalement en Bretagne pour développer une agriculture intensive sur un sol initialement acide.

Pendant longtemps, les amendements marins étaient extraits directement sur les estrans. En 1995, 25 000 m<sup>3</sup> ont été extraits dans le Finistère, 7 000 m<sup>3</sup> en 2002 (source DDE/SMFA du Finistère).

A la suite de ces nombreux prélèvements de sable sur les estrans, on s'est aperçu que cela réduisait d'autant le volume du stock sédimentaire côtier. On a

constaté que ce déficit restait préjudiciable longtemps après l'arrêt des extractions et contribuait à une plus grande vulnérabilité des côtes.

Pour pérenniser l'utilisation des amendements calcaires, des sociétés extraient et vendent des sables calcaires. En Bretagne, les principales sociétés sont la CARMEUSE (Audierne, Finistère), les Sabliers de l'Odet (Bénodet, Finistère) et la Compagnie Armoricaïne de Navigation (Pontrioux, Côtes d'Armor).

### 2.2.3. Traitement

Aucun traitement n'est nécessaire dans le cas des sables calcaires.

### 2.2.4. Réglementation sur les matières fertilisantes et les supports de culture

Selon la loi n° 79-595 (du 13 juillet 1979, publiée au J.O. du 14 juillet 1979), relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture, « les matières fertilisantes comprennent les engrais, les amendements et, d'une manière générale, tous les produits dont l'emploi est destiné à assurer ou améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ».

Dans les matières fertilisantes, on distingue quatre catégories :

- Les amendements organiques, composés principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale, fermentées ou fermentescibles, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de matière organique du sol ;
- Les supports de culture : ce sont des produits destinés à servir de milieu de culture à certains végétaux. Leur mise en œuvre aboutit à la formation de milieux possédant une porosité telle qu'ils sont capables à la fois d'ancrer les organes absorbants des plantes et de leur permettre d'être en contact avec les solutions nécessaires à la croissance ;
- Les engrais dont la fonction principale est d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (éléments fertilisants majeurs, éléments fertilisants secondaires, oligo-éléments) ;
- Les amendements calciques, contenant du calcium ou du magnésium, généralement sous forme d'oxydes, d'hydroxydes ou de carbonates sont destinés principalement à maintenir ou à élever le pH du sol et à en améliorer les propriétés.

Les amendements calciques répondent à la norme NF U 44-001 (amendements calciques et/ou magnésiens).

La loi française définit deux options distinctes pour la valorisation des sables calcaires :

- **Transformation du déchet en matière fertilisante** : application du cadre « Production de matière fertilisante dérivée de déchet »

Le texte fondamental fixant le cadre réglementaire français pour les matières fertilisantes et les supports de culture est la loi n° 79-595 (13 juillet 1979) relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture. Cette

loi fixe les conditions réglementaires de mise sur le marché d'une matière fertilisante ou d'un support de culture (même pour une distribution à titre gratuit).

Quatre idées générales guident la législation des matières fertilisantes et supports de culture :

- Les produits mis sur le marché doivent être efficaces pour l'usage prévu ;
- Les produits doivent être inoffensifs pour l'homme, les animaux et l'environnement ;
- Les produits doivent être stables dans le milieu ;
- Les produits doivent faire référence à un document technique officiel.

En vertu de ce dernier principe, deux procédures de mise sur le marché sont prévues :

- Autorisation Provisoire de Vente (APV) ou homologation du produit par le ministère de l'Agriculture (arrêté du 21 décembre 1998 paru au J.O. du 12 février 1999) ;
- Produits conformes aux normes rendues d'application obligatoire, ou répondant aux dispositions réglementaires prises en application des directives européennes.

Dans ce cadre, la responsabilité du producteur du déchet s'arrête au moment de la mise sur le marché du produit.

- **Conservation du statut de déchet** : application du cadre « Épandage contrôlé »

La loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau (articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement) a pour objectif de protéger la qualité de la ressource en eau, en tant que milieu et écosystèmes associés, ainsi qu'en terme d'usages possibles (eau potable, ...). L'épandage en général, et celui des boues d'épuration en particulier, faisant partie des activités répertoriées comme susceptibles de dégrader la qualité des eaux, est bien entendu concerné.

La loi n° 76-663 (19 juillet 1976) relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ne s'applique qu'aux boues industrielles issues d'installations classées. Cette loi ne concerne donc pas les ports qui ne sont pas des installations classées.

Le statut des boues d'épuration municipales est défini principalement par le décret n° 97-1133 (8 décembre 1997) relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. Selon ce décret, elles constituent un déchet au sens de la loi n° 75-663 (15 juillet 1975) relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Toutefois, le même décret précise qu'elles ne peuvent être épandues sur les terres agricoles que si elles présentent un intérêt pour l'alimentation des cultures. A ce titre, les boues constituent également une matière fertilisante au sens de la loi n°79-595 (13 juillet 1979), mais sans que cela confère un nouveau « statut » aux boues d'épuration : celles-ci restent bien des déchets.

Au-delà des dispositifs visant aux responsabilités des uns et des autres et des seuils limitant l'accès à l'épandage, ces réglementations comprennent un volet

technique significatif correspondant au minimum nécessaire à respecter au plan de la mise en œuvre des épandages : études préalables, suivis agronomiques, dimensionnement des équipements, ...

Dans ce cadre, la responsabilité du producteur du déchet est engagée jusqu'à l'épandage.

Toute boue ne peut pas être épandue. Ainsi, les matières de curage des réseaux d'assainissement ne sont assimilées à des boues que lorsque les sables et les graisses en ont été retirés, faute de quoi leur épandage est interdit (art. 4 du décret n° 97-1133, 8 décembre 1997). Les boues issues des vidanges et curages de lagunes doivent être exemptes d'éléments grossiers. Les teneurs maximales admissibles en éléments traces dans les boues sont plus drastiques. Ainsi, la France admet par exemple 1 g de chrome par kg de matière sèche. Des teneurs limites en composés organiques font leur apparition pour les familles des polychlorobenzènes (PCB) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), réputés cancérigènes.

L'épandage n'est également possible que sur les sols dont le pH, avant épandage, est supérieur à 6. Une dérogation est toutefois possible pour les sols dont le pH est supérieur à 5, dans le cas de l'utilisation de boues chaulées et pour des apports réduits en éléments traces.

#### 2.2.5. Étude du cas du port d'Audierne (Finistère)

Le port d'Audierne (Figure 14), abritant des navires de pêche côtière et de plaisance, s'ensable très rapidement ; des dragages doivent être effectués de façon régulière. Ces dragages répétitifs étant devenus très coûteux pour le port, il a été décidé de passer un accord avec une entreprise qui serait chargée de draguer à des cotes fixées. La Société CARMEUSE France, dirigée par M. GORAGUER, assure le dragage. Le Groupe CARMEUSE est une société produisant et commercialisant des calcaires et des dolomies à usage industriel (carbonate de calcium, carbonate double de calcium et magnésium), des chaux vives calcaïques et dolomitiques (oxyde de calcium) et des chaux hydratées (hydroxyde de calcium).



Figure 14 : Situation du port d'Audierne.

Les sédiments dragués dans le port d'Audierne sont essentiellement des sables calcaires. Le dragage s'effectue pendant trois mois en hiver afin de gêner au minimum le trafic de la plaisance. Le matériel utilisé est une petite drague aspiratrice ayant un rendement avoisinant les 100 m<sup>3</sup>/h. Chaque année, 30 000 à 35 000 m<sup>3</sup> de sables calcaires sont dragués. Une analyse du sable est réalisée chaque mois pour contrôler la teneur en calcaire (CaCO<sup>3</sup>) et en magnésium (MgO). Les sables d'Audierne contiennent en moyenne 40 % de carbonate de calcium et 1 à 2 % d'oxyde de magnésium.

Un arrangement a été fixé avec le Conseil Général du Finistère : la société CARMEUSE n'est pas rétribuée pour l'extraction du matériau, mais en contre partie elle a le droit de le vendre. Cette entente convient à l'ensemble des parties au niveau local. Le dragage du port est assuré gratuitement, les pêcheurs et les plaisanciers disposent d'une profondeur d'eau suffisante pour la navigation, la société CARMEUSE revend le sable calcaire en effectuant un bénéfice. Le prix à la vente est d'environ 8,5 €/t sans le transport. Les ventes s'effectuent aux coopératives agricoles de Bretagne, qui revendent ensuite aux agriculteurs le sable calcaire comme matériau d'épandage ; la demande est stable et correspond aux quantités draguées.

Cet exemple concret montre que des solutions intéressantes existent pour valoriser les déblais de dragage portuaire, lorsqu'ils sont constitués de sables calcaires. La plupart des fonds marins côtiers de Bretagne étant constitués par des sables calcaires, il y a sûrement d'autres ports qui pourraient valoriser et écouler leurs matériaux de dragage portuaire dans cette filière.

### ***2.3. Rechargement de plage***

L'érosion des zones côtières est due à plusieurs facteurs, qui se superposent parfois, entraînant un recul de la ligne de rivage. Les causes peuvent être de deux types :

Les facteurs d'évolution naturelle :

- La fluctuation du niveau des eaux lors de l'effet combiné de basse pression atmosphérique et de vents offshore ;
- L'élévation du niveau de la mer ;
- Le transport éolien important dans les zones ventées avec départ des sables pour la mer ;
- Les courants de marée (flots et jusants) induisant des mouvements sédimentaires cycliques ;
- L'agitation (houle, mer de vent, clapot) modifiant, selon la saison, le profil type de la plage.

Les impacts des activités humaines :

- Les barrages piègent les sédiments qui n'alimentent plus le littoral ;
- Les extractions des matériaux en rivière réduisent les apports en matériaux solides à la côte ;

- La destruction de la végétation des dunes littorales entraîne une reprise des sables par le vent ;
- Les ouvrages longitudinaux, construits pour protéger les habitations, favorisent le démaigrissement des plages ;
- Les ouvrages transversaux retiennent les sables mais déplacent l'érosion vers l'aval ;
- Les ouvrages portuaires peuvent perturber le transit littoral par l'accumulation de sédiments à l'amont de ceux-ci.

### 2.3.1. Besoin

Le rechargement de plage est la filière d'utilisation qui semble *a priori* la plus logique : on rend à la mer ce qu'on lui enlève. L'évolution actuelle des littoraux sous les actions tant naturelles qu'humaines marque une nette tendance à l'érosion. En France métropolitaine, on compte un total de 5 500 Km de côte. Cela comprend environ 2 500 Km de plages et de dunes, dont 48 % sont en érosion et seulement 10 % en engraissement (BRGM, 2004). La pratique montre que la méthode des enrochements est le plus souvent utilisée pour préserver les rivages. L'enrochement consiste à dresser des barrières de protection aux pieds des falaises, ou sur le haut des plages. Constitués de béton ou, le plus souvent, d'un cordon de blocs de pierre, ils visent à préserver les constructions de la houle et à arrêter l'avancée de la mer. Au-delà de leur aspect esthétique discutable, ces remparts présentent le défaut majeur de ne pas remédier aux causes fondamentales du recul du littoral, qui est, entre autre, le déficit sédimentaire. Certes, la technique de l'enrochement coûte presque trois fois moins chère que la technique de rechargement de plage, mais le surcoût est tempéré par la grande valeur touristique de la plage, dont l'aspect parfaitement naturel attire davantage le public.

Il en résulte des besoins en matériaux de rechargement. Ceux-ci deviennent de plus en plus difficiles à trouver dans le domaine terrestre d'où l'intérêt d'utiliser des matériaux issus des dragages portuaires.

### 2.3.2. Description technique du matériau

Le matériau pouvant servir à recharger une plage est très dépendant des caractéristiques principales du sable déjà présent sur la plage, c'est-à-dire sa granulométrie et sa couleur. Si le matériau utilisé est de granulométrie plus fine que celui en place, alors celui-ci sera très rapidement emporté par les houles et les courants. Il faut que le matériau soit au moins de granulométrie identique ou de préférence supérieure pour protéger la plage de l'érosion. Le matériau déposé ne doit pas non plus être trop gros, afin de ne pas changer le type de plage (plage de sable fin par exemple). La couleur est importante pour l'esthétisme de la plage. Comme les rechargements de plage sont souvent utilisés lorsqu'on souhaite un impact paysager le plus faible possible, ce critère a son importance aussi.

En France, la granulométrie du sable de plage est comprise entre 0,25 et 1 mm (BELLESORT, 1993). La granulométrie des déblais de dragage de certains ports pourrait correspondre.

### 2.3.3. Traitement

Dans le cas de déblais de dragage propres, il n'y a pas de traitement à effectuer. Pour la limite inférieure de la granulométrie, le tamisage a été effectué naturellement sous l'action des courants et des houles.

### 2.3.4. Réglementation existante

Le rechargement de plage est régi par la loi sur l'Eau sous la rubrique 3.3.2 « travaux réalisés sur le rivage, le sol ou sous-sol de la mer en dehors des ports » et fait référence à l'annexe du décret n° 85-453 (23 avril 1985). En fonction de la superficie de terrain mis hors d'eau (superficie inférieure ou supérieure à 200 m<sup>2</sup>), le régime sera soumis à déclaration ou à autorisation. La déclaration nécessite une notice d'impact tandis que l'autorisation nécessite une étude d'impact, suivie d'une enquête publique.

### 2.3.5. Coût

En l'absence de traitement à réaliser, le coût comprend le transport en camion et le régalage au bulldozer. On peut ajouter à ceci un coût d'entretien régulier qui pourra être effectué si les matériaux sont trop fortement remaniés par l'agitation océanique. Selon Paskoff (Laboratoire rhodanien de géomorphologie - Université Lumière Lyon 2), un mètre linéaire d'ensablement coûte, en France, approximativement 2 300 €.

### 2.3.6. Étude de cas : utilisation des matériaux de l'Adour pour le réensablement des petits fonds devant les plages d'Anglet

Stéphane Magri, ancien élève-ingénieur des TPE, a réalisé son Travail de Fin d'Études sur l'utilisation des matériaux de l'Adour pour le réensablement des plages d'Anglet (Figure 15).

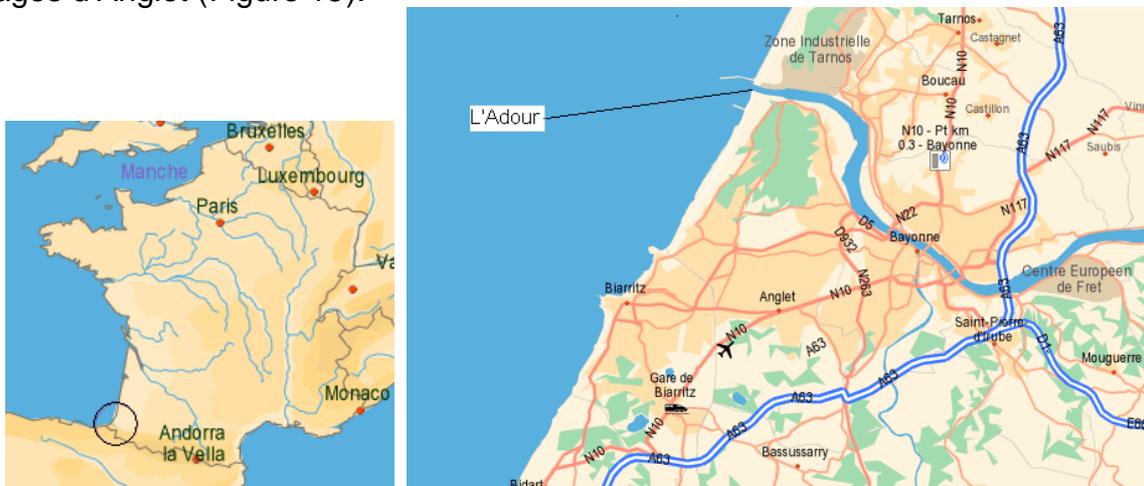


Figure 15 : Situation de l'embouchure de l'Adour.

Le littoral d'Anglet recule sous l'action de l'érosion marine. Les plages diminuent et l'espace balnéaire disponible à marée haute se réduit. Par ailleurs, pour assurer les besoins de la navigation, des volumes de sables sont dragués à proximité immédiate, c'est à dire à l'embouchure de l'Adour pour l'entretien des accès du port de Bayonne. Ils sont de l'ordre de 700 000 m<sup>3</sup>/an. Les travaux de M. Magri ont consisté à réaliser un avant-projet du dispositif opérationnel à mettre en œuvre pour le rechargement des plages au moyen des déblais de dragage : investissement initial, fonctionnement annuel (aspects techniques, économiques, environnementaux, juridiques, ...).

#### ***2.3.6.1. Le littoral d'Anglet***

Le littoral d'Anglet développe 4 Km de plage de sable à proximité immédiate de la Communauté d'Agglomération de Bayonne, Anglet et Biarritz, riche de 100 000 habitants. C'est donc un patrimoine essentiel aux loisirs liés à la mer et à l'attrait touristique de la côte Basque. Située au fond du golfe de Gascogne, la côte subit les effets combinés des plus fortes houles de France et d'un marnage moyen de 3-4 m.

La plage d'Anglet est constituée de deux types de matériaux bien distincts :

- Un sable fin de 0,2 à 0,4 mm de diamètre et de couleur claire ;
- Un gravier de 5 à 10 mm, appelé «madraque», de couleur jaune.

La côte d'Anglet n'a pas toujours reculé. C'est à partir de l'aménagement du chenal de l'Adour (fin des travaux en 1896) que l'équilibre sédimentaire a été modifié. Le transit est altéré, l'Adour piégeant les matériaux les plus fins. Dès lors, le recul du littoral et l'abaissement de la plage vont se manifester violemment et inexorablement à chaque grande tempête.

Entre 1975 et 1977, six épis de 70 à 155 m de long sont construits. Cette solution semble fonctionner. Ils ont bien ralenti le processus d'érosion, sans pour autant augmenter la surface de plage disponible.

#### ***2.3.6.2. Le port de Bayonne et les dragages de l'Adour***

Une série d'analyses granulométriques réalisées dans l'axe du chenal de l'Adour montre que les matériaux les plus grossiers ont un diamètre moyen de 0,6 à 2,8 mm. A l'amont, les matériaux s'affinent avec un diamètre moyen de 0,3 à 0,5 mm au droit des quais en eau profonde.

En aval de l'embouchure, la granulométrie des sables constituant le banc Sud est connue à partir de prélèvements effectués dans le puits de la drague opérant aux abords de ce banc et dans l'axe du chenal. Les sédiments prélevés sont des sables propres, fins à moyens, de 0,24 mm de diamètre moyen sur le banc Sud et 0,17 mm dans l'axe du chenal.

Jusqu'en 1984, le port de Bayonne possédait sa propre drague. Entre 1985 et 1997, les dragages ont été assurés par la drague aspiratrice en marche « René Gilbert » du GIE Dragages-ports. Après appel d'offre international, c'est ensuite la société DRAFLUMAR qui a assuré le dragage, à l'aide d'une drague aspiratrice en marche d'une capacité de 2 500 à 3 000 m<sup>3</sup>.

La zone à draguer englobe le chenal de navigation entre la Tour des Signaux (en amont) jusqu'à l'isobathe 12,5 m (c'est-à-dire 600 m en aval de l'entrée de l'embouchure). Le clapage des matériaux de dragage du chenal de navigation doit se faire dans une zone convenue à l'avance, et non plus au large de manière aléatoire.

Comparées aux seuils de contamination établis par le groupe GEODE, les concentrations mesurées en chrome, mercure, nickel, plomb et zinc sont largement inférieures à la valeur de référence de niveau 1 et permettent l'immersion en mer de ces sédiments. Les concentrations en PCB (polychlorobiphényles) mesurées dans ces sédiments sont également inférieures aux valeurs de référence françaises.

### ***2.3.6.3.Examen du rechargement du littoral d'Anglet***

Le rechargement de petits fonds a deux objectifs : protéger le littoral et restaurer les plages balnéaires.

Les plages rechargées peuvent dissiper de manière efficace l'énergie des vagues, et ainsi constituer des aménagements de protection contre l'érosion. Cependant, il faut garder à l'esprit que le rechargement n'agit pas sur les causes de l'érosion, et il ne constitue qu'une stabilisation et une protection du rivage. Il faudra donc recharger la plage tous les ans dans des proportions à déterminer. En outre, le procédé n'apporte que peu de perturbation à l'environnement, et son intérêt touristique, par agrandissement de la surface balnéaire disponible, est évident.

Il faut donc trouver des sources de matériaux de rechargement pour l'érosion des plages d'Anglet. Dans le cas de l'embouchure de l'Adour, les matériaux dragués ont une granulométrie *a priori* convenable, des qualités chimiques adaptées, et un coût d'extraction réduit du fait des campagnes de dragage très régulières et déjà en place.

Depuis 1974, on tente de déverser le sable dragué à l'embouchure dans les petits fonds. Les expériences montrent que le sable déposé par fond de moins de 5 m devrait remonter en grande partie vers l'estran s'il est de granulométrie supérieure à celle en place. Cette zone littorale, de dépôt et d'immersion de sable, est utilisée pour réalimenter les plages, bien que cette opération génère un surcoût par rapport à un rejet au large. Le site de dépôt littoral reçoit entre 10 et 15 % des volumes dragués régulièrement dans le chenal.

Une analyse a été menée afin de comparer la granulométrie des sédiments naturels à ceux d'apport. Celle-ci montre que les pertes prévisibles de matériaux d'apport par triage granulométrique lors de la mise en place sont faibles, et que les matériaux d'apport possèdent une bonne résistance à l'érosion due à son pourcentage de fractions grossières plus important que dans le sédiment naturel en place.

Plusieurs procédés techniques ont été étudiés pour le rechargement :

- Conduite flottante : la drague s'approche le plus près possible du rivage et rejette les sédiments par une conduite flottante qui va d'un coffre au rivage. Cette solution est très aléatoire car elle dépend des conditions océanographiques (houle et agitation) ;

- Refoulement : la drague s'approche le plus près du rivage et rejette par une pompe puissante refoulant à 100 m de sa position. La remontée des sédiments en haut de plage est difficile à quantifier avec cette solution car le refoulement dépose les sédiments de manière peu contrôlée. De plus, l'agitation reste un facteur limitant ;
- Rejet par un poste dans l'Adour : la drague vient décharger à un poste à quai à partir duquel une conduite de refoulement est branchée allant jusqu'à un point situé sur un haut de plage. Cette solution est indépendante des conditions d'agitation.

Pour sa facilité de mise en œuvre et son faible coût, la technique de raccordement de la drague à quai, acheminement par une conduite et refoulement en haut de plage, a été choisie.

Une estimation du coût (975 000 € sur la base d'un réensablement de 200 000 m<sup>3</sup>) et une présentation du cadre légal et du financement du projet, ont été également réalisées dans le cadre de mémoire de Fin d'Études.



### 3. Synthèse, Analyse et propositions

#### 3.1. Synthèse

La première partie de ce rapport a décrit le panorama du dragage portuaire en France métropolitaine. La France drague chaque année environ 25 à 45 millions de tonnes de matière sèche. Ces matériaux sont immergés à 95 %, le reste est déposé à terre, utilisé pour des rechargements de plage, traité ou valorisé.

La granulométrie (passant à 63 µm inférieur à 50 %) a été utilisée pour caractériser ces matériaux sableux. Cette fraction, considérée comme potentiellement non contaminée (peu de vases), est réutilisable. Ce critère permet de constater que 10 millions de tonnes des produits dragués sont des sables valorisables.

Au niveau juridique, seules les opérations de dragage, d'immersion et de stockage à terre sont réglementées ; la vente directe des matériaux de dragage portuaire ne l'est pas.

Dans la deuxième partie, plusieurs filières de valorisation ont été étudiées : la filière du BTP, la filière agronomique (amendement) et la filière du rechargement de plage. On a vu qu'à chaque filière de valorisation correspond un type de matériau dragué idéal (Tableau 16).

Filière de valorisation	Utilisation	Type de matériau dragué
Bâtiment et Travaux Publics	Béton et remblai	Sable de catégorie 0/2 ou 0/4 contenant pas ou peu d'éléments coquilliers
Agronomie	Amendement	Sable calcaire (40 %)
Rechargement de plage	Méthode douce contre l'érosion	Sable dont le diamètre moyen est compris entre 0,25 et 1 mm

**Tableau 16** : Filière de valorisation de chaque type de matériau dragué.

Dans le cas de la filière du Bâtiment et des Travaux Publics, le sable dragué est en général trop fin et dispose d'un indice de portance trop faible. Cependant, l'ajout de sable correcteur peut pallier ces deux problèmes, comme le montre les pratiques du Port Autonome de Dunkerque. Les déblais sableux de dragage peuvent donc être valorisés dans la filière de BTP, lorsqu'ils respectent les normes que cette filière impose.

Dans le cas de la filière agronomique, les sables calcaires ont des caractéristiques voisines des minéraux calcaires et pourraient donc être utilisés de la même façon pour l'épandage.

Dans le cas du rechargement de plage, le sable de dragage semble convenir de manière générale. Ensuite, il faudra étudier au cas par cas la solution adaptée en fonction de l'érosion, la granulométrie des sables de la plage, et le type de matériau dragué dans les ports environnants.

Les études de cas, prises comme exemple ont confirmé que ces valorisations étaient possibles ou même déjà réalisées par certaines entreprises, mais à une échelle moindre, compte tenu des quantités de matériaux potentiellement valorisables. Les caractéristiques de certains matériaux dragués correspondent donc à celles de plusieurs filières de valorisation.

### ***3.2. Une réglementation à améliorer***

Dans la réglementation actuelle, deux points alourdissent la procédure de valorisation des déblais de dragage portuaire : le titre minier, qui est la seule procédure réglementée pour l'extraction des granulats marins, et la nomenclature des déchets qui inclut les déblais de dragage portuaire.

#### **3.2.1. Le titre minier**

Une des procédures réglementaires pour pouvoir exploiter et commercialiser les granulats marins est le code minier. Cette procédure peut durer près de 5 ans. Mais une refonte de la législation est entreprise pour, entre autres, diminuer le délai d'instruction du dossier et prolonger la durée de validité à 20 ans (régime de la concession), contre 5 ans (régime de permis) auparavant.

Actuellement, l'extraction des granulats marins, dans le cadre du code minier, est subordonnée à l'obtention de trois titres :

- Un titre minier,
- Une autorisation d'occupation du domaine public maritime,
- Une autorisation d'ouverture des travaux.

L'administration chargée de l'instruction des dossiers de demande d'exploitation de ces matériaux est donc le Ministère de l'Industrie, par l'intermédiaire de ces subdivisions régionales, les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE). La refonte consisterait aussi à instruire en un dossier unique les trois titres précités, afin que l'instruction soit plus rapide.

Le rapport Pertus (PERTUS *et al.*, 1992) dresse un constat de l'inadaptation de la réglementation concernant l'extraction des granulats en mer et émet des propositions afin de faciliter l'action de l'administration, de mieux organiser la concertation, d'alléger les procédures et de mieux respecter les conditions d'exploitation.

Cette procédure est aussi inadaptée pour la vente des matériaux issus des dragages portuaires. En effet, les volumes à draguer, potentiellement valorisables, sont faibles et le temps d'instruction serait démesuré comparé à l'utilisation du titre minier qui serait faite.

### 3.2.2. Le statut de déchet

Le décret n° 2002-540 (18 avril 2002) reprend la nomenclature européenne des déchets. Les sédiments de dragage sont classés sous la rubrique 17 05 05\* boues de dragage contenant des substances dangereuses ou 17 05 06 boues de dragage autres que celle visées à la rubrique 17 05 05\* (l'astérisque qui suit le code indique que le déchet est dangereux). Le critère de dangerosité est défini à l'annexe 1 du décret n° 2002-540, et convient d'être appliqué si les sédiments portent au moins un des 14 critères qui vont de H1 à H14 ; ce dernier représente le seul critère vraiment applicable aux sédiments et s'exprime par leur « écotoxicité ». Cependant, pour le moment, les méthodes existantes, permettant de caractériser les sédiments marins ou continentaux voués à une filière terrestre, sont à améliorer. Les sédiments enlevés de leur lieu de dragage deviennent donc des déchets difficilement caractérisables.

Le détenteur de déchets est soumis à des responsabilités et à des obligations. Plusieurs articles sont consacrés aux obligations et responsabilités de celui-ci au titre IV du Livre V du code de l'Environnement relatif à la prévention des pollutions, des risques et des nuisances. L'abandon des déchets est interdit. Tout acte tendant, sous le couvert d'une cession à titre gratuit ou onéreux, à soustraire son auteur aux prescriptions de la réglementation (article L 541-3 du Code de l'environnement) est considéré comme un abandon. De plus, les entreprises qui produisent, importent, exportent, éliminent, transportent, ou se livrent à des opérations de courtage ou de négoce des déchets, sont tenues de fournir à l'administration toutes les informations concernant l'origine, la nature, les caractéristiques, les quantités, la destination et les modalités d'élimination de ces déchets (article L 541-7 du code de l'Environnement). Tous les acteurs de la chaîne d'élimination des déchets doivent tenir à jour un registre, remplir ou renvoyer le bordereau de suivi des déchets.

## 3.3. Propositions

### 3.3.1. Aspects réglementaires

#### 3.3.1.1. La notion de déchet appliquée aux sédiments

Dans la réglementation, les seuls textes qui explicitent la notion de déchet pour les sédiments sont ceux concernant la gestion des sédiments extraits des cours d'eau. Nous avons vu précédemment que le statut de déchet compliquait la valorisation des déblais de dragage portuaire. Le 18 septembre 2002, une note juridique sur la gestion des sédiments extraits des cours d'eaux et canaux a été rédigée (Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 2002). La première partie de cette note rappelle la législation qui régit l'enlèvement des sédiments dans les cours d'eau. La deuxième partie analyse la gestion de ces sédiments après enlèvement. Elle fait apparaître que la gestion de ces sédiments se heurte à la définition de déchet et à la multiplicité des filières d'élimination de ces matériaux. Le statut des sédiments extraits varie en fonction de leur devenir et de leur destination à terre. Les sédiments ne sont pas considérés comme déchet dans le cas d'extraction

de matériaux de carrière, activité soumise à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (rubrique 2 510 de la nomenclature installations classées). Les matériaux extraits sont alors considérés comme des matières premières brutes.

Par contre, dans les cas suivants les sédiments extraits sont assimilés à des déchets :

- Épandage et régalage, car ils font l'objet d'un abandon ;
- Utilisation en travaux publics, remblais : cette qualification n'interdit toutefois pas leur usage dans des opérations de travaux publics ; il convient alors de s'assurer que les sédiments ne présentent aucun risque ;
- Dépôt ou stockage sur des parcelles, hors décharge (incluant le comblement d'ancienne gravière ou d'ancienne carrière).

Cette note stipule aussi, que si le déchet subit un traitement pour le rendre utilisable, ou en extraire une partie utilisable, le déchet (ou la partie extraite) rendu utilisable peut être considéré comme ayant perdu le statut de déchet.

### *3.3.1.2. Critères de valorisation des déchets de type déblais de dragage portuaire*

Des seuils de contamination à respecter et des essais à réaliser devraient être établis afin de différencier les déchets valorisables ou non.

Concernant les seuils de contamination, les niveaux GEODE, (voir chapitre 1.4.1) pourraient être utilisés en tant que critères de sélection minimum pour la valorisation. Ceux-ci prennent en compte 8 éléments traces métalliques (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc) et 7 congénères polychlorobenzènes (PCB). En dessous du niveau N1, le matériau dragué sera considéré comme valorisable. Entre les niveaux N1 et N2, un nombre fixé d'éléments traces et de PCB ne devront pas être supérieur à N1 pour que le matériau soit valorisable. Au-dessus du niveau N2, le matériau dragué sera considéré comme non valorisable.

Cependant, les niveaux N1 et N2 ne suffisent pas pour caractériser la contamination d'un sédiment. Le test de lixiviation du déchet est considéré actuellement comme un outil indispensable pour la prédiction de l'évolution à long terme des déchets stockés et/ou valorisés (APICHAT, 2000). Il permet de caractériser des déchets granulaires ou des blocs déchets stabilisés/solidifiés et d'identifier les paramètres essentiels contrôlant le relargage des polluants. Les tests présentent chacun un domaine d'application et un choix plus ou moins arbitraire des paramètres de lixiviation (durée de lixiviation, composition du lixiviant, agitation, dimension de l'échantillon, ...); leurs résultats donnent lieu à différentes interprétations. Généralement, on utilise la norme française NF X30-407 ou la norme européenne ENV 12 920. L'objectif de ces deux normes est de fournir une méthodologie pour la détermination du comportement à la lixiviation d'un déchet dans des conditions spécifiques, c'est-à-dire dans un scénario d'élimination ou d'utilisation sur une période spécifiée. Les matériaux dragués qui vérifient une de ces deux normes, pourraient être considérés comme valorisables.

Les données sur la granulométrie du matériau pourraient aussi être un critère pour la valorisation. Comme les vases fixent plus les polluants, elles sont moins facilement réutilisables. Généralement, le diamètre séparant les sables des fines (vases et argiles) est de 63 µm (ARQUIE, TOURENQ, 1990). Les matériaux dragués, dont le diamètre moyen est supérieur à 63 µm, pourraient être considérés valorisables.

La définition de critères, tels que ceux cités, permettraient de définir clairement si les déblais de dragage portuaire, en tant que déchet, sont valorisables ou non.

### 3.3.1.3. Une nouvelle réglementation adaptée

Les différents types de matériau dragué peuvent se rapprocher, selon leurs caractéristiques, soit des sables utilisés dans le BTP, soit des minéraux calcaires utilisés pour l'épandage, soit des matières organiques fertilisantes (cas des vases non polluées). Les prescriptions administratives et techniques étant inexistantes pour encadrer la gestion des déblais de dragage, les différents textes déjà existants pourraient servir de base et de réglementation connexe (Tableau 17).

<b>Typologie de matériau de dragage sableux</b>	<b>Réglementations connexes pouvant être utiles pour les prescriptions d'autorisation et contenant des critères techniques de valorisation</b>
Sable non pollué avec une teneur minimale de 35 % de calcaire	Loi n° 79-595 (13 juillet 1979) relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture
Sable non pollué avec une teneur minimale en matière organique	Loi n° 97-1133 (8 décembre 1997) relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées
Sable non pollué de diamètre moyen 0,25 à 1 mm	Loi n° 92-3 (3 janvier 1992) sur l'eau rubrique 3.3.2 "travaux réalisés sur le rivage de la mer en dehors des ports"
sable non pollué de diamètre moyen supérieur à 0,63 µm	Norme NF EN 12620 d'août 2003 relative aux granulats pour béton ou norme NF P11-300 de septembre 1992 relative à l'exécution des terrassements

**Tableau 17** : Réglementations connexes pour les déblais de dragage portuaire.

Parallèlement, la commercialisation des matériaux de dragage portuaire pourrait alimenter un fond commun public, à une échelle soit portuaire, départementale voire régionale. Ce système de mutualisation des moyens permettrait de subventionner un schéma de gestion durable et intégrée des matériaux de dragage portuaire (contaminés et non contaminés).

### 3.3.2. Création de Comités Locaux d'Information et de Suivi (CLIS)

Le 1<sup>er</sup> décembre 2003, le département du Finistère a créé un comité départemental d'information et de suivi des opérations de dragage des sédiments marins et estuariens et du devenir des produits issus de ces opérations (arrêté n° 2003-1368 du 1<sup>er</sup> décembre 2003). Ce comité s'informe sur :

- L'évolution de la réglementation ;
- La programmation des opérations dans le département ;
- Les études préalables aux opérations de dragage et au devenir des produits issus de ces opérations ;
- La présentation de leurs projets par les maîtres d'ouvrages ;
- Les travaux de dragage des sédiments et leur destination, ainsi que les résultats des contrôles de l'impact sur les milieux récepteurs.

Le comité départemental est composé de représentants des services déconcentrés de l'État, des collectivités territoriales, des professionnels, du monde associatif, et du monde scientifique et technique. Ce comité permet une réflexion sur la gestion globale des matériaux de dragage portuaire au niveau départemental. Il peut permettre d'identifier plus facilement les quantités et les qualités des matériaux de dragage portuaire, ainsi que les besoins dans les différentes filières de valorisation (BTP, épandage, rechargement de plage).

Cette initiative est à élargir, ce qui permettrait une mise en commun, à l'échelle régionale ou par façade maritime, du savoir-faire, des moyens et des techniques et des filières de valorisation utilisées.

### 3.3.3. Analyses complémentaires

Pour quantifier les déblais de dragage portuaire valorisables, le Ministère chargé de l'Équipement pourrait collecter des informations complémentaires sur la qualité des déblais et les intégrer à l'enquête annuelle sur les opérations de dragage et d'immersion des Ministères chargés de l'Équipement et de l'Environnement. Il serait intéressant de connaître la courbe granulométrique des déblais ou, au moins, le diamètre moyen des grains ( $d_{50}$ ). Actuellement, on dispose de trois valeurs : passant à 2 mm, passant à 63  $\mu$ m et passant à 2  $\mu$ m. La connaissance de ces trois passants ne permet pas de caractériser totalement la fraction sableuse. La connaissance du diamètre moyen des grains permettrait de savoir rapidement si un sable peut être utilisé dans le BTP ou pour des rechargements de plage.

La teneur en calcaire permettrait de discerner les sables pouvant être utilisés comme des amendements calcaires. Elle permettrait aussi d'identifier les sables dont la teneur en calcaire est trop importante pour une utilisation dans la fabrication de béton. La teneur en éléments organiques constituerait aussi une bonne information pour l'utilisation en tant que matière fertilisante.

## Conclusion

Ce Travail de Fin d'Études montre, que moyennant une réglementation adaptée et la prise en compte des caractéristiques géotechniques des matériaux, les déblais sableux de dragage portuaire peuvent s'intégrer dans différentes filières de valorisation, comme le BTP, l'agronomie et le rechargement de plage.

Cependant, il faut garder à l'esprit que le but des opérations de dragage n'est pas de commercialiser des matériaux, mais d'assurer des seuils dans les ports et les chenaux pour le maintien de la navigation. Un contrôle des profondeurs draguées sera nécessaire afin que les opérations de dragage ne deviennent pas des opérations de commercialisation.

La notion du développement durable s'applique à la gestion des matériaux de dragage portuaire de type sableux non contaminés. Dans les zones où le déficit sédimentaire est négatif, les déblais de dragage portuaire doivent être en priorité immergés ou utilisés pour le rechargement de plage. Dans les zones où il n'y a pas d'érosion, les déblais peuvent être valorisés à terre dans le BTP ou dans l'agronomie. Par contre, les conséquences sur le milieu marin, à long terme, de la non restitution à leur milieu d'origine des matériaux de dragage ne sont pas maîtrisées.



## Bibliographie

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Amendements calciques et/ou magnésiens – Dénominations et spécifications. *Normalisation française*, n° NF U 44--001 ; Paris : AFNOR, 1988.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Exécution des terrassements – Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières. *Normalisation française*, n° NF P 11-300 ; Paris : AFNOR Septembre 1992.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Assises de chaussées – Préparation des matériaux traités aux liants hydrauliques et non traités. Préparation des éprouvettes de sables ou de sols fins par compression statique. *Normalisation française*, n° NF P 98-230-2 ; Paris : AFNOR, 1993.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Déchet – Essai de lixiviation. *Normalisation française*, n° X31-210 ; Paris : AFNOR, 1993, 13 p.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Assises de chaussées – Méthodologie d'étude en laboratoire des matériaux traités aux liants hydrauliques. *Normalisation française*, n° NF P 98-114-2 ; Paris : AFNOR, 1994.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Assises de chaussées – Sables traités aux liants hydrauliques et pouzzolaniques. *Normalisation française*, n° NF P 98-113 ; Paris : AFNOR, 1994.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Déchet – Méthodologie pour la détermination du comportement à long terme. *Normalisation française*, n° X30-407 ; Paris : AFNOR, 1995, 12 p.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Granulats – Granulats pour bétons. *Normalisation française*, n° NF EN 12620 ; Paris : AFNOR août 2003.

**AGENCE FRANÇAISE DE NORMALISATION** – Granulats – Éléments de définition, conformité et codification. *Normalisation française*, n° XP P 18 545 ; Paris : AFNOR février 2004.

**ALZIEU C.** Dragages et environnement marin, état de connaissances. *Édition Ifremer*, 1999, 223 p.

**ALZIEU C.** Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. *Édition Ifremer*, 2003, 247 p.

**APICHAT I.** Méthodologie d'évaluation environnementale des déchets stabilisés/solidifiés par liants hydrauliques. *Thèse en science et technique du déchet* : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2000. 182 p.

**ARMEDE R.** Effet de l'extraction des granulats marins sur la stabilité du littoral. *Rapport de fin d'étude à l'ENTPE pour le compte de l'Ifremer*, 1999, 205 p.

**ARQUIE G. et TOURENQ C.** Granulats. *Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées*, 1990, 717 p.

**AUGRIS C et CRESSARD A.-P.** Les granulats marins. *Publication du Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO)*, 1984, 89 p.

**BELLESORT B.** Étude bibliographique sur les rechargements de plage à l'aide des produits de dragage. *Service technique central des ports maritimes et voies navigables*, 1993, 99 p.

**BOUTIN R.** Dragage et rejets en mer. *Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées*, 2000, 307 p.

**BRGM, Ports de Toulon et Boulogne-Calais, ENSAIA, CETMEF, Université de Caen, IDRA, EDF.** Aide à la gestion alternative au rejet en mer de sédiments contaminés provenant du dragage de sites portuaires. *Rapport final*. Octobre 2004.

**CETMEF.** Inventaire des techniques de dragage. Avril 2000, 32 p.

**Conseil général du Var et inVIVO Méditerranée.** Schéma de gestion des dragages des ports du Ouest-Var et de l'Est-Var. Août 2002, 178 p.

**GREGOIRE P, ABRIAK N.-E. et BERNARD F.** Étude d'une grave routière à base de sable de dragage. *Publications des Mines de Douai*, 2003, 4 p.

**Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.** Réalisation des remblais et couches de forme. *SETRA*, 1992.

**inVIVO Méditerranée.** Méthode de gestion et de réutilisation des sédiments pollués. *Développé dans le cadre d'un projet d'étude européen LIFE par des organismes publics français, néerlandais et belges*, 126 p.

**LE QUILLEC R.** Dragage : recueil de textes relatifs à l'établissement d'un document d'incidences. *CETMEF*, 2002, 27 p. sans les annexes.

**MAGRI S.** Utilisation des matériaux de l'Adour pour le réensablement des plages d'Anglet. *Rapport de fin d'étude à l'ENTPE pour le compte de la DDE des Pyrénées-Atlantiques*, 2003, 56 p.

**MARENDET M.** Étude des plages de sable. *Pour le compte du Service technique central des ports maritimes et voies navigables*, 1981, 103 p.

**Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.** Note juridique sur la gestion des sédiments extraits des cours d'eau et canaux. 2002, 7 p.

**Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.** Position du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable sur l'exploitation des granulats marins, 2002, 9 p.

**OSPAR Commission.** Draft assessment of the annual OSPAR reports on dumping of wastes at sea in 2001 and 2002. *London secretariat*, 2003, 14 p.

**PERTUS J-P, HAMON J-Y et LEYNAUD G.** L'exploitation des granulats marins et la cohabitation avec la pêche professionnelle, 1992, 69 p.

**SORNIN-PETIT N.** Évolution de l'exploitation des granulats siliceux marins en France métropolitaine. *Rapport de fin d'étude à l'ENTPE pour le compte de l'Ifremer*, 1996, 40 p.



## Sites internet consultés

Pour le dragage :

- <http://www.ifremer.fr/envlit/documentation/dossiers/dragages/index.htm>

Pour la réglementation :

- [www.afnor.fr](http://www.afnor.fr)
- [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)
- <http://www.environnement.ccip.fr/dechets/savoir/obligations.htm>
- <http://www.ademe.fr/entreprises/Dechets/themes/reglementation/detail.asp?ID=17%2005%2006>
- <http://www.ifremer.fr/drogm.realisation/miner/sable/reglement.htm>

Pour la filière du Bâtiment et des Travaux publiques :

- [http://www.ccb.be/products/prod\\_fr.htm](http://www.ccb.be/products/prod_fr.htm)

Pour la filière agricole :

- <http://www.bretagne-environnement.org/article1036076796>
- <http://www.inra.fr/dpenv/bourrc31.htm>
- <http://www.ifen.fr/dee2003/sol/sol3.htm>
- <http://www.unicem-bretagne.fr/fr/content.php?pri=4&sub=5&ssub=5>
- <http://cartel.oieau.fr/guide/d060b.htm>

Pour le rechargement de plage :

- <http://www.enseeiht.fr/hmf/travaux/CD9900/travaux/optsee/bei/g20/erosion.htm>
- <http://www.brgm.fr/Fichiers/ficheScientifique/num1.pdf>
- [http://isotopes.univ-lyon1.fr/isotopes\\_21/article5n21.htm](http://isotopes.univ-lyon1.fr/isotopes_21/article5n21.htm)

Pour les tests de lixiviation :

- <http://csidoc.insa-lyon.fr/these/2000/imyim/ch1.pdf>



# **Annexes**



Annexe 1 : Quantités de matériaux dragués en France métropolitaine par département pour les travaux neufs et d'entretien (source Ministère de l'Équipement, CETMEF, Enquête DRAGAGE, 2001, 2002, 2003)

<b>Départements côtiers</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
Nord (59)	1 492	1 897	2 071
Pas de Calais (62)	977	969	1 282
Somme (80)	0	0	17
Seine Maritime (76)	6 260	11 736	20 993
Calvados (14)	535	674	752
Manche (50)	192	21	46
Côtes d'Armor (22)	0	0	111
Finistère (29)	98	4	5
Morbihan (56)	106	12	85
Loire Atlantique (44)	1 706	4 199	4 820
Vendée (85)	12	61	81
Charente Maritime (17)	325	324	426
Gironde (33)	7 275	6 132	6 523
Pyrénées Atlantiques (64)	2 145	1 099	653
Aude (11)	0	37	152
Hérault (34)	0	143	82
Bouches du Rhône (13)	0	192	5 573
Alpes Maritimes (06)	0	0	4
<b>TOTAL</b>	<b>21 123</b>	<b>27 500</b>	<b>43 676</b>

*(en milliers de tonnes de matière sèche)*

**Aucun dragage n'a été effectué en 2001, 2002 et 2003 dans les départements de l'Ille-et-Vilaine (35), des Landes (40), des Pyrénées orientales (66), du Gard (30), du Var (83), de Haute-Corse (2B) et de Corse du Sud (2A).**

Annexe 2 : Quantités de matériaux dragués en France métropolitaine par les Ports Autonomes pour les travaux neufs et l'entretien (source Ministère de l'Équipement, CETMEF, Enquête DRAGAGE, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003)

<b>Ports Autonomes</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
Dunkerque	1 900	1 871	1 473	1 821	2 071
Le Havre	1 273		788	5 677	15 013
Rouen	4 035	5 454	5 265	5 871	5 979
Nantes	3 183	3 296	1 655	4 190	4 820
Bordeaux	7 359	6 100	7 275	5 897	6 523
Marseille				173	5 637
<b>TOTAL</b>	<b>17 750</b>	<b>16 721</b>	<b>16 456</b>	<b>23 629</b>	<b>40 043</b>

*(en milliers de tonnes de matière sèche)*

Annexe 3 : Quantités de matériaux dragués en France métropolitaine par les ports d'intérêt national pour les travaux neufs et l'entretien (source Ministère de l'Équipement, CETMEF, Enquête DRAGAGE, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003)

<b>Ports d'intérêt national</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
Calais	460	507	532	236	561
Boulogne	813	1105	445	708	722
Dieppe	168		116	69	92
Caen	530	456	480	608	713
Cherbourg			8	643	0
Lorient			93	10	0
La Rochelle	175	233	166	218	406
Bayonne	1 353	910	2 144	1095	653
Port la Nouvelle		295		37	152
Sète	143	217		101	82
<b>TOTAL</b>	<b>3 642</b>	<b>3 723</b>	<b>3 984</b>	<b>3 725</b>	<b>3 381</b>

*(en milliers de tonnes de matière sèche)*

Annexe 4 : Entretien avec M. Christophe VERHAGUE, PDG de la Compagnie Armoricaïne de Navigation (mai 2005)

J'ai rencontré M. Christophe VERHAGUE, Président directeur général de la Compagnie Armoricaïne de Navigation située à Pontrieux (Côtes d'Armor).

Le port de Légué (Saint-Brieuc) est un petit port situé en fonds de vallée. On y accède par un chenal de plusieurs centaines de mètres dont les bords, situés au-dessus du niveau zéro hydrographique, sont essentiellement composés de vase.

Afin d'abriter le port à marée haute, une digue a été construite à l'embouchure du fleuve. Cette digue bloque les sédiments lorsque la marée descend et provoque un envasement au niveau des quais. Le dragage se fait à marée basse à l'aide d'une pelle mécanique et d'une remorque de transport. La quantité de sédiment draguée est de 100 000 m<sup>3</sup>/an. Le port dispose de deux bassins de stockage des vases polluées, mais ceux-ci servent actuellement à stocker les vases piégées derrière la digue qui ne sont pas polluées. La perception sociale des usagers de la mer sur les immersions de déblais de dragage portuaire peut être un facteur limitant. Ces vases pourraient être immergées, mais les demandes sont rejetées.

Le matériau extrait est non pollué, mais de granulométrie très fine. Toutefois, il peut servir pour combler des remblais et pour compléter la granulométrie des sables de carrière qui manquent souvent de particules fines, même si la quantité nécessaire est souvent peu importante (<10% du total de sable).

Cependant aucune loi ne permet la vente de ce matériau, et la demande d'un titre minier est une procédure beaucoup trop lourde pour la quantité de sable à vendre.

M. VERHAGUE souhaiterait une procédure réglementaire plus souple et rapide que celle du titre minier afin de commercialiser ce sable. Cette réglementation pourrait être établie en fonction du volume à vendre et de la qualité du matériau.

Annexe 5 : Entretien avec M. Joël NOGUES, Directeur la Société Les Sablières de l'Atlantique (mai 2005)

M. Nogues est Directeur de la société « Les Sablières de l'Atlantique », située à Montoir-de-Bretagne en Loire-Atlantique, qui extrait des granulats marins afin de les commercialiser. Dans ce département, ce type de matériau est fréquemment utilisé par les maîtres d'œuvre puisque 80% des sables utilisés dans le BTP sont d'origine marine. Les granulats marins ont un coût de revient supérieur aux sables de carrière, donc les ventes se font en grande quantité afin d'être rentable.

Le centre sablier s'approvisionne sur le gisement du Pillier, concession partagée avec un groupement d'extracteur. Le tonnage annuel extrait est de 5 millions de tonnes soit 80 % de la production nationale. Le centre sablier réalise les traitements nécessaires pour que les granulats marins répondent à un cahier des charges regroupant les différentes normes du BTP.

M. Nogues estime que les ports devraient prévoir des espaces de stockage lors de leur construction et de l'élaboration de leur schéma directeur d'aménagement. Même si les sédiments sont valorisés, il faudra toujours une zone de stockage temporaire. Cela doit être intégré dans la gestion des ports même si le but essentiel est le commerce et le trafic de marchandises.

Selon lui, les matériaux provenant du dragage portuaire peuvent se vendre librement selon le code des marchés publics. Il serait donc nécessaire qu'une procédure soit créée pour réglementer la vente de ce type de matériaux.

Annexe 6 : Entretien avec M. Pascal GREGOIRE, Chef de la cellule  
« procédures réglementaires » au Port Autonome de Dunkerque (mai 2005)

Pour des raisons de temps et d'éloignement géographique, je n'ai pu rencontrer Pascal Grégoire. Le contact s'est effectué uniquement par mail et par téléphone.

Le Port Autonome de Dunkerque réalise, deux fois par an, des dragages d'entretien des chenaux d'accès des ports Est et Ouest de Dunkerque. Le matériel utilisé est une drague aspiratrice en marche qui refoule hydrauliquement à terre le matériau dragué. Ces dragages sont réalisés par la société privée néerlandaise de Boer. Le volume dragué est de 400 000 à 500 000 m<sup>3</sup> par an. Le matériau dragué est en partie du sable.

Le Port Autonome de Dunkerque vend près de 500 000 m<sup>3</sup> de sable par an à des groupements d'entreprises du BTP et à des négociants. Le prix est de 1 €/t. Le matériau vendu est du sable fin, de diamètre moyen 0,18 mm ; sa teneur en eau varie en fonction des précipitations éventuelles durant la période de stockage à terre. Le matériau est propre, les niveaux de contamination sont inférieurs au niveau 1 des seuils GEODE.

Du point de vue réglementaire, le Port Autonome de Dunkerque dispose des autorisations de dragage et d'immersion. Il a fait réaliser des études d'impact et des dossiers d'enquête publique. Pour le stockage et la commercialisation du sable, le port a le statut d'Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE), ce qui engendre des obligations réglementaires à respecter, contrôlées par la DRIRE.