



GRUPE D'ETUDES ET D'OBSERVATION
SUR LES DRAGAGES ET L'ENVIRONNEMENT



avec la collaboration du MEDDE

Suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion

Guide méthodologique

Décembre 2012

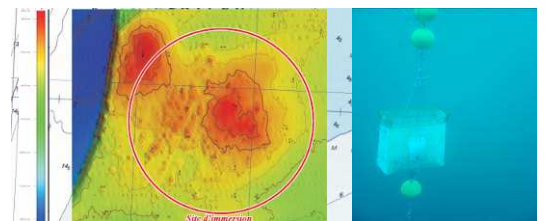




Membres du comité de pilotage de l'étude

La rédaction de ce guide a été pilotée par des représentants de la Direction des Service de Transports (DGITM/DST), de la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DGALN/DEB), du CETMEF, d'IFREMER, de l'association Robin de Bois, des Grands Ports Maritimes, du Port de Calais, du CG 29 et du CG 56, de la DDTM 50.

Ce guide a également été proposé en relecture au Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CNPMEM) et au Comité National de la Conchyliculture (CNC).



Guide rédigé par



En association avec





Sommaire

Membres du comité de pilotage de l'étude.....	2
Préambule.....	9
Introduction.....	11
Chapitre 1 - Contexte et enjeux des opérations de dragage et immersion	12
1. Les dragages	12
1.1 Contexte des opérations en France.....	12
1.2 Typologie des opérations de dragage.....	14
1.2.1 Dragages d'entretien	14
1.2.2 Dragages d'approfondissement.....	15
1.2.3 Aménagement de nouvelles infrastructures portuaires	15
1.3 Techniques de dragage	16
2 Les immersions	20
2.1 Contexte des opérations en France.....	20
2.2 Techniques d'immersion	20
2.3 Typologies de sites d'immersion.....	21
3 Effets et impacts sur l'environnement et les activités.....	22
4 Cadre juridique des suivis relatifs aux opérations de dragage et d'immersion	25
4.1 Suivis des impacts des dragages et immersions.....	25
4.1.1 Le régime d'autorisation ou de déclaration au titre de la loi sur l'eau	25
4.1.2 Etude d'impact.....	25
4.1.3 Evaluation des incidences sur la conservation des sites Natura 2000	25
4.2 Suivi des zones portuaires.....	25
Chapitre 2 - Principes fondamentaux d'un suivi environnemental	25
1 Définition et objectifs généraux	25
1.1 Champ d'application.....	25
1.2 Objectifs des suivis environnementaux.....	25
2 Principes méthodologiques.....	25
2.1 Etape n°1 : Analyse du contexte et évaluation environnementale	25
2.2 Etape n°2 : Définir les objectifs de suivi.....	25
2.3 Etape n°3 : Détermination des indicateurs et de la situation de référence..	25
2.3.1 Classification d'indicateurs environnementaux.....	25
2.3.2 Caractéristiques des indicateurs	25
2.3.3 Normes, points de référence et situations de base	25
2.4 Etape n°4 : Définition des méthodes de suivi	25
2.5 Etape n°5 : Analyse des données et évaluation	25
2.6 Etape n°6 : Evaluation du dispositif d'ensemble.....	25
2.7 Etape n°7 : Définition des moyens à engager	25
3 Cas spécifique des opérations d'urgence	25
3.1 Problématique	25
3.2 L'évaluation environnementale et le suivi <i>a posteriori</i>	25
3.3 Dispositions réglementaires spécifiques.....	25
4 Proportionnalité.....	25
5 Limites et opérationnalité	25

Chapitre 3 - Gouvernance	25
1 Intégrer le suivi environnemental dans une stratégie globale	25
1.1 Gouvernance partagée et intégration des opérations.....	25
1.2 Articulation avec les démarches de gestion / planification existantes	25
1.3 Les objectifs d'une stratégie globale pour le maître d'ouvrage	25
1.4 Exemple de démarche stratégique	25
2 Associer les acteurs du territoire à l'élaboration du plan de gestion des dragages.....	25
2.1 Favoriser une démarche participative	25
2.2 Etapes clés de la concertation	25
2.3 Démarche générale pour impliquer les acteurs du territoire dans le suivi environnemental.....	25
2.3.1 Organisation	25
2.3.2 Cadrage préalable et analyse du contexte	25
2.3.3 Définition du protocole de suivi.....	25
2.3.4 Réalisation du suivi	25
2.3.5 Analyse des données et évaluation.....	25
3 Exemples de mode de gouvernance des suivis environnementaux.....	25
3.1 Exemple de gouvernance pour des ports petits à moyens.....	25
3.2 Cas spécifiques des schémas départementaux de dragage	25
3.3 Exemple de gouvernance pour des travaux sur des Grands Ports Maritimes.....	25
3.3.1 Travaux d'entretien sur un port estuarien : cas du port de Bordeaux	25
3.3.2 Travaux neufs : cas du port de Marseille-Fos.....	25
Chapitre 4 - Suivis : opportunités et méthodes.....	25
1 Milieu physique	25
1.1 Nature des fonds.....	25
1.1.1 Opportunités de suivi.....	25
1.1.2 Exemples.....	25
1.1.3 Méthodes de suivi	25
1.2 Conditions hydrodynamiques et sédimentaires	25
1.2.1 Opportunités du suivi.....	25
1.2.2 Exemples.....	25
1.2.3 Méthodes de suivi	25
2 Qualité physico-chimique et microbiologique des milieux	25
2.1 Qualité des sédiments	25
2.1.1 Opportunités du suivi.....	25
2.1.2 Exemples.....	25
2.1.3 Méthodes de suivi	25
2.2 Qualité des eaux	25
2.2.1 Opportunités de suivi.....	25
2.2.2 Exemples.....	25
2.2.3 Méthodes de suivi	25
3 Milieu biologique	25
3.1 Plancton	25
3.1.1 Opportunités du suivi du phytoplancton	25
3.1.2 Opportunités de suivi du zooplancton	25
3.1.3 Méthodes de suivi	25
3.2 Benthos	25
3.2.1 Opportunités du suivi.....	25
3.2.2 Exemples.....	25
3.2.3 Méthodes de suivi	25



3.3	Herbiers de phanérogames et algues.....	25
3.3.1	Opportunités du suivi.....	25
3.3.2	Exemples.....	25
3.3.3	Méthodes de suivi	25
3.4	Flore rivulaire	25
3.4.1	Opportunités du suivi.....	25
3.4.2	Méthodes de suivi	25
3.5	Ichtyofaune.....	25
3.5.1	Opportunité du suivi	25
3.5.2	Exemples.....	25
3.5.3	Méthodes de suivi	25
3.6	Avifaune	25
3.6.1	Opportunités du suivi.....	25
3.6.2	Exemples.....	25
3.6.3	Méthodes de suivi	25
3.7	Mammifères marins.....	25
3.7.1	Opportunités du suivi.....	25
3.7.2	Exemples.....	25
3.7.3	Méthodes de suivi	25
4	Espaces et usages	25
4.1	Habitats	25
4.1.1	Opportunités du suivi.....	25
4.1.2	Méthodes de suivi	25
4.2	Zones de pêche et de cultures marines.....	25
4.2.1	Opportunités du suivi.....	25
4.2.2	Exemples.....	25
4.3	Autres activités.....	25
4.3.1	Opportunités du suivi.....	25
Chapitre 5 - Etudes de cas		25
1	Etude de cas n°1 : dragage d'entretien annuel de faible volume sans enjeu de contamination	25
1.1	Contexte.....	25
1.2	Cas de la zone de dragage.....	25
1.2.1	Contexte du site portuaire	25
1.2.2	Evaluation environnementale et définition des enjeux.....	25
1.2.3	Réflexion sur la définition du programme de suivi.....	25
1.3	Cas de la zone d'immersion.....	25
1.3.1	Contexte du site d'immersion	25
1.3.2	Evaluation environnementale et définition des enjeux.....	25
1.3.3	Réflexion sur la définition du suivi	25
2	Etude de cas n°2 : dragage d'entretien exceptionnel de faible volume avec enjeu de contamination	25
2.1	Contexte.....	25
2.2	Cas de la zone de dragage.....	25
2.2.1	Configuration du site portuaire	25
2.2.2	Evaluation environnementale et définition des enjeux.....	25
2.2.3	Réflexion sur la définition du suivi	25
2.3	Cas de la zone d'immersion.....	25
2.3.1	Configuration du site d'immersion	25
2.3.2	Evaluation environnementale et définition des enjeux.....	25
2.3.3	Réflexion sur la définition du suivi	25
3	Etude de cas n°3 : dragage liés à des travaux neufs à fort volume..	25
3.1	Contexte.....	25
3.2	Cas de la zone de dragage.....	25
3.2.1	Configuration de la zone de dragage	25
3.2.2	Evaluation environnementale et définition des enjeux.....	25
3.2.3	Réflexion sur la définition du suivi	25



3.3 Cas de la zone d'immersion.....	25
3.3.1 Configuration du site d'immersion	25
3.3.2 Evaluation environnementale et définition des enjeux.....	25
3.3.3 Réflexion sur la définition du suivi	25
Chapitre 6 - Conclusion.....	25
Lexique	25
Bibliographie	25

Liste des figures

Figure 1 : Quantité de matières sèches (en milliers de tonnes) draguées dans les sept grands ports maritimes de France métropolitaine en 2009	12
Figure 2 : Quantité de matières sèches (en milliers de tonnes) draguées par département en 2009 en excluant les grands ports maritimes et la Guyane.....	13
Figure 3 : Exemple de localisation de sites d'immersion - cartographie des sites d'immersion utilisés en Manche en 2008	21
Figure 4 : Synthèse des effets potentiels des dragages sur l'environnement (Source : CEFAS, 2003, adapté d'Elliott & Hemingway, 2002)	23
Figure 5 : Synthèse des effets potentiels des immersions sur l'environnement (Source : CEFAS, 2003, adapté d'Elliott & Hemingway, 2002)	24
Figure 6 : Etapes méthodologiques pour la conception d'un programme de suivi.....	25
Figure 7 : Schéma méthodologique de l'évaluation des impacts d'un projet sur l'environnement	25
Figure 8 : Zones d'influence des dépôts du Kannik dans l'estuaire de la Seine (Grand Port Maritime de Rouen)	25
Figure 9 : Mise en évidence des dépôts de clapage sur la carte bathymétrique et sur la mosaïque sonar (Source : IN VIVO 2010)	25
Figure 10: Bathymétrie de la zone d'immersion du Lavardin	25
Figure 11 : exemples de corrélations entre matières en suspension (MES) et turbidité (NTU)	25
Figure 12 : Localisation des sites de travaux et conchylicoles et des points de contrôle (BCEOM, 2007).....	25
Figure 13 : Localisation des zones de travaux, des concessions conchylicoles et des points de suivi microbiologique.....	25
Figure 14 : Situation des travaux de déroctage et des piézomètres (Source : BRGM).....	25
Figure 15 : exemple de positions des points du REPHY dans la Manche (REPHY, cahier des procédures).....	25
Figure 16 : Exemple de filets à plancton.....	25
Figure 17 : Localisation des stations échantillonnées dans l'estuaire de la Seine en 2008	25
Figure 18 : Panache turbide généré par les dragages de la Flèche de l'Espiguette pour le rechargement du Golfe d'Aigues-Mortes.....	25
Figure 19 : Estuaire de la Tamise (Source : DP World)	25

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemples d'indicateurs d'état environnemental, de pression et de réponse pour la nature des fonds (A), le benthos (B) et les zones pêche ou de culture marine (C) suite à une opération d'immersion.....	25
Tableau 2 : méthodes pour estimer la corrélation entre teneurs en MES et turbidité	25
Tableau 3 : Paramètres de suivi potentiels des zones de pêche ou de cultures marines.....	25



Acronymes et abréviations

ARS	Agence Régionale de Santé
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
CEMAGREF	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
CETMEF	Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales
CQEL	Cellule Qualité des Eaux Littorales
DAM	Drague Aspiratrice en Marche
DAS	Drague Aspiratrice Stationnaire
DASS	Direction des Affaires Sanitaires et Sociales
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCSMM	Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
GEODE	Groupe d'Etudes et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement
GPM	Grands Ports Maritimes
HAP	Hydrocarbure aromatique Polycyclique
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
MES	Matière En Suspension
MISE	Mission Inter Services de l'Eau
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturel
NTU	Nephelometric Turbidity Unit (Turbidité)
OSPAR	Convention Oslo Paris
PCB	Poly Chloro Biphényl
REBENT	REseau BENThique
REMI	REseau Microbiologie des coquillages
REPHY	REseau de surveillance PHYtoplanctonique
REPOM	Réseau national de surveillance des ports maritimes
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIC	Site d'Intérêt Communautaire
SMVM	Schéma de Mise en Valeur de la Mer
ZPS	Zone de Protection Spéciale

Préambule

Ce guide, produit par le groupe **GEODE**, et élaboré en concertation avec des acteurs de la mer et du littoral, se veut être une référence pratique et opérationnelle pour la mise en œuvre de **suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion de déblais de dragage en estuaire et en mer.**

Il ne constitue pas un élément de doctrine réglementaire et ne définit pas de programme standardisé de suivi.

Le guide ne traite que des suivis des opérations de dragage et d'immersion qui sont à distinguer des suivis opérés dans le cadre de réseaux de surveillance de la qualité des milieux (par exemple, les suivis de type DCE). Si les suivis décrits dans ce guide caractérisent ainsi exclusivement les opérations de dragage et immersion, ils peuvent s'appuyer en partie sur les résultats de ces réseaux de surveillance.

Comme l'illustrent les différents chapitres de cet ouvrage, l'élaboration d'un programme de suivi doit résulter d'une réflexion approfondie, au cas par cas, sur les enjeux du projet, les objectifs du suivi qui en découlent, les méthodes disponibles et leurs limites.

Ce guide constitue ainsi **un recueil d'un ensemble de questions à se poser et une « boîte à outils »** pour accompagner les parties prenantes d'une opération de dragage et d'immersion dans la conception d'un suivi pertinent et adapté à la situation considérée.

Il s'adresse à l'ensemble des acteurs impliqués dans la réflexion sur les impacts environnementaux des opérations de dragage et d'immersion : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, services instructeurs, services techniques des institutions, bureaux d'étude, associations...

Constitué de cinq chapitres, il traite successivement :

- ① **Le contexte technique, réglementaire et environnemental,**
- ② **Les principes fondamentaux des suivis environnementaux,**
- ③ **La gouvernance,**
- ④ **Les méthodes de suivis et les éléments de réflexion sur l'opportunité de suivre chaque composante de l'environnement,**
- ⑤ **Des études de cas fictives mettant en situation et illustrant les réflexions exposées dans les chapitres précédents.**



Ce guide s'appuie sur **quatre annexes techniques** pour approfondir les thématiques abordées dans le corps du texte.

- Annexe 1 : **Réglementation,**
- Annexe 2 : **Effets et impacts des opérations de dragage sur l'environnement,**
- Annexes 3 : **Critères d'évaluation des contextes de projet,**
- Annexe 4 : **Méthodes de suivi - Propositions de protocoles détaillés et de liens vers d'autres sources méthodologiques.**

Introduction

Les opérations de dragage et d'immersion, nécessaires au maintien et au développement des activités maritimes, contribuent à la pression exercée par l'homme sur l'environnement marin et estuarien.

Le **suivi environnemental des opérations de dragage et d'immersion** constitue une démarche à caractère analytique et scientifique qui sert à mesurer les impacts de l'opération sur l'environnement et à évaluer la performance des mesures proposées pour supprimer, réduire ou compenser ces impacts.

Sa conception intervient à la suite de l'évaluation environnementale, lorsque les impacts prévisionnels du projet ont été définis et que les enjeux environnementaux ont été hiérarchisés au regard de la sensibilité des milieux et de la mise en perspective spatiale et temporelle des interactions du projet avec ces milieux.

Afin d'assurer la mise en œuvre de suivis **cohérents, pertinents et proportionnés** aux enjeux des projets, il est nécessaire de se poser les bonnes questions et dans des cadres décisionnels adaptés.

Ce guide a pour vocation **d'accompagner les acteurs des dragages et immersions** dans cette démarche et quelques idées fortes relatives aux suivis environnementaux de telles opérations peuvent être rappelées en introduction.

Un bon suivi est établi sur mesure

La prescription de programmes de suivis standardisés n'est pas pertinente au regard de la diversité des configurations rencontrées. Chaque projet s'inscrit en effet dans un cadre environnemental et technique unique et doit, à ce titre, bénéficier d'un suivi adapté à ses caractéristiques spécifiques.

Un bon suivi est efficace et pertinent

Pour chaque enjeu majeur identifié, le suivi environnemental doit permettre de répondre à la question « Quel est l'impact du projet par rapport à l'enjeu considéré ? ». La conception d'un programme de suivi fait ainsi appel à une réflexion approfondie sur les objectifs de surveillance qui découlent de l'évaluation environnementale, les indicateurs à suivre, les méthodes d'investigations existantes et leurs limites, et la capacité à interpréter les résultats de ces investigations au regard des objectifs de surveillance définis au départ.

Un bon suivi est adaptable et évolutif

Un suivi environnemental bénéficie en permanence des retours d'expérience du suivi lui-même, de suivis de projets similaires voire d'avancées scientifiques et techniques acquises par ailleurs. Souvent établi pour plusieurs années, notamment dans le cas d'opération d'entretien, il est important que ce suivi puisse évoluer en retour de ces expériences pour conserver et améliorer sa pertinence et son efficacité.

Un bon suivi est proportionné aux enjeux

A l'image de l'évaluation environnementale, le suivi doit être proportionné aux enjeux du projet. Il s'agit de baser l'effort d'investigation sur une appréciation objective des interactions du projet avec son environnement en tenant compte des retours d'expérience existants et des adaptations opérationnelles à engager compte tenu des résultats de ces investigations.

Chapitre 1 - Contexte et enjeux des opérations de dragage et immersion

1. Les dragages

1.1 Contexte des opérations en France

Les dragages concernent en premier lieu les ports, pour lesquels ces opérations constituent une nécessité vitale au maintien de leur activité. Ils sont justifiés par l'accumulation dans les ports et dans les chenaux de navigation, de matériaux provenant du bassin versant et/ou de la mer et visent ainsi à rétablir des tirants d'eau suffisants pour permettre la libre circulation et la sécurité des navires. Ils sont également employés dans le cadre de travaux neufs pour créer de nouveaux espaces navigables ou de nouvelles infrastructures portuaires. Si les plus gros volumes sont générés par les ports industriels et de commerce, maillons centraux du développement du trafic maritime et fluvial, ces opérations sont tout aussi indispensables aux ports de taille plus modeste, soutenant des activités de pêche ou de plaisance.

D'autres causes justifient moins fréquemment le recours à des dragages : la lutte contre les inondations en zone estuarienne, la défense contre la mer et le maintien du trait de côte sur des zones littorales sensibles à l'érosion, l'entretien des accès à des prises d'eau, etc.

En 2009, le volume de sédiments dragués en France (métropolitaine et outre-mer compris hors Guyane) représentait un total de 33,58 millions de tonnes. Les sept Grands Ports Maritimes (Dunkerque, Le Havre, Rouen, Nantes, La Rochelle, Bordeaux, Marseille) comptabilisaient à eux seuls 88 % du total avec 29,6 millions de tonnes. La répartition par grand port maritime est présentée sur le graphique suivant.

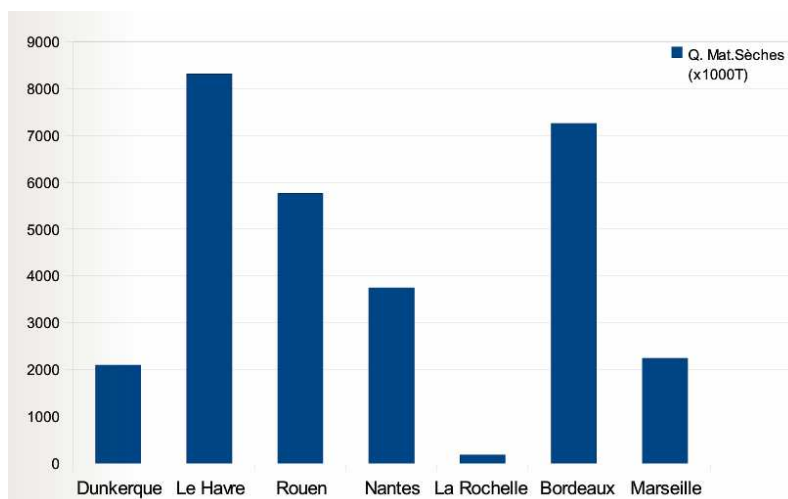


Figure 1 : Quantité de matières sèches (en milliers de tonnes) draguées dans les sept grands ports maritimes de France métropolitaine en 2009¹

¹ Enquête « dragage » 2009 – Analyse de données – Février 2012 - CETMEF

La part de matériaux provenant des trois grands ports estuariens, Rouen, Nantes Saint-Nazaire et Bordeaux, s'établit à plus de la moitié du volume total annuel, avec 67,09 % de la quantité draguée dans les grands ports maritimes. Les 3,9 millions de tonnes de sédiments dragués dans les ports autres que les grands ports maritimes représentent 11 % du volume total dragué.

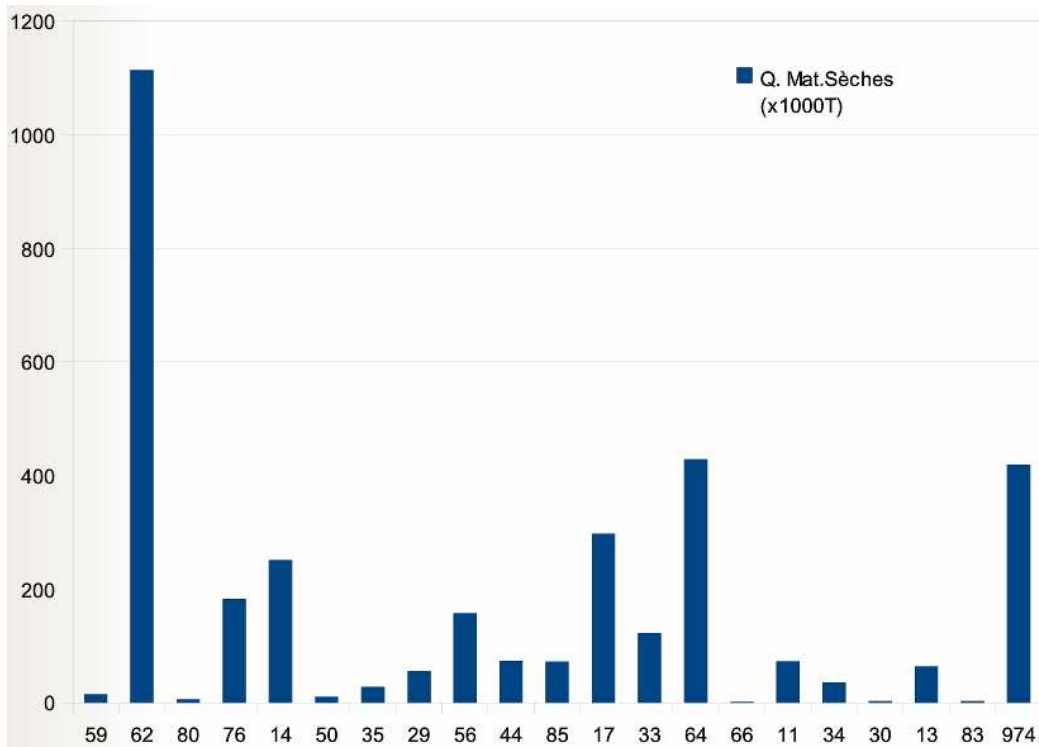


Figure 2 : Quantité de matières sèches (en milliers de tonnes) draguées par département en 2009² en excluant les grands ports maritimes et la Guyane.

La quantité de matériaux dragués en 2009 représente une augmentation de 27,42 % par rapport à celle enregistrée en 2008 (tous ports confondus), ramenant les niveaux de dragage à ceux de 2005 après une diminution régulière des quantités draguées en 2006, 2007 et 2008.

La plus grande quantité de matériaux à draguer se situe sur la façade Manche Mer du Nord avec 16,7 millions de tonnes en 2009 et des quantités variables les années précédentes. Vient ensuite la façade Atlantique avec des quantités stables d'une année sur l'autre s'établissant en 2009 à 11,3 millions de tonnes de sédiments. Enfin, la façade méditerranéenne présente les plus petits volumes (moins de 2,4 millions de tonnes en 2009), en constante augmentation depuis 2005, essentiellement du fait d'une série de travaux portuaires réalisés par le Grand Port Maritime de Marseille.

² Enquête « dragage » 2009 – Analyse de données – Février 2012 - CETMEF



1.2 Typologie des opérations de dragage

Les caractéristiques d'une opération de dragage (outil, volume, fréquence, etc.) dépendent étroitement des configurations de milieu et des objectifs même des dragages (entretien, approfondissement, matériaux, etc).

1.2.1 Dragages d'entretien

Pour les opérations d'entretien par exemple, des distinctions peuvent être réalisées entre :

- les ports estuariens où la sédimentation est très souvent constituée de particules fines (Loire, Gironde) ou de mélange de sable et de vase (Seine),
- les chenaux d'accès des ports maritimes où la sédimentation est, la plupart du temps, à dominante sableuse,
- et les bassins à flot où la sédimentation est liée à la décantation des matières en suspension chargées en particules fines.

Plusieurs méthodes de travail doivent être mises en œuvre pour optimiser les dragages dans ces différents cas de figure.

Chenaux d'accès des ports estuariens

Dans les estuaires, la conjonction du débit du fleuve et de la marée induit la formation d'un stock sédimentaire, présentant des particules fines, constituant le « bouchon vaseux ». Ce stock sédimentaire explique les fortes turbidités et la sédimentation importante rencontrées dans le milieu estuarien. Une partie de cette masse considérable de sédiments et de matières en suspension entre naturellement dans les chenaux de navigation, zones d'évitage, souilles et bassins des ports selon leur disposition et y sédimentent. Elle provoque alors un rehaussement continu des fonds de ces secteurs qui s'ensablent ou s'ensavent donc naturellement.

Dans les estuaires, le rythme élevé de sédimentation et l'imprévisibilité des phénomènes météorologiques imposent d'une part que le dragage d'entretien ait lieu toute l'année - il ne peut être réduit à des campagnes saisonnières -, et d'autre part, que le dragage puisse avoir lieu à toute heure sous un préavis très court. Cette réactivité est la condition nécessaire à l'accueil des navires en toute sécurité.

Les dragages sont généralement réalisés par des dragues hydrauliques. Les dragages à l'américaine peuvent être employés pour des besoins urgents à condition que les conditions hydrodynamiques locales permettent un transport suffisant des matières en suspension.

La gestion des vases de fond de chenaux par la méthode dite « *Active nautical depth* » commence également à se développer à l'international.

**Chenaux
d'accès des
ports
maritimes**

Dans ce type de chenal, la sédimentation est généralement moindre et à dominante sableuse. Les sédiments sont de ce fait moins contaminés que ce qui peut être observé en estuaire ou en bassin portuaire. Ils sont le plus souvent extraits par le biais de dragues hydrauliques voire mécaniques et évacués en mer.

**Bassins
portuaires**

La courantologie et l'agitation généralement limitées dans les bassins portuaires favorisent la sédimentation des particules fines de la colonne d'eau et l'envasement des bassins. Les fréquences de sédimentation sont plus régulières permettant une meilleure programmation de la périodicité des dragages.

Ces milieux confinés peuvent accumuler des contaminants et les techniques de dragage mises en œuvre doivent prendre cet aspect en compte afin de limiter au maximum la dispersion de ces contaminants. Les dragues mécaniques, de type drague à godets ou à pelle, permettent de conserver des vases compactes. Les dragues hydrauliques absorbent une mixture d'eau et de sédiment souvent beaucoup plus diluée.

1.2.2 Dragages d'approfondissement

Dans un contexte de développement des activités portuaires et du trafic maritime et fluvial, l'adaptation au seuil de navigation de nouveaux navires nécessite la mise en œuvre d'importants moyens de dragage. Ils génèrent ponctuellement des volumes de sédiments exceptionnels venant s'ajouter aux volumes remobilisés pour les opérations d'entretien.

1.2.3 Aménagement de nouvelles infrastructures portuaires

Dans le cas de la construction d'aménagements nouveaux, les matériaux déplacés sont de nature diverse (roche, sable, terre, argile, graviers ou vase). Une partie des terrassements peut se faire par voie terrestre et ne nécessite donc pas l'intervention d'une drague.

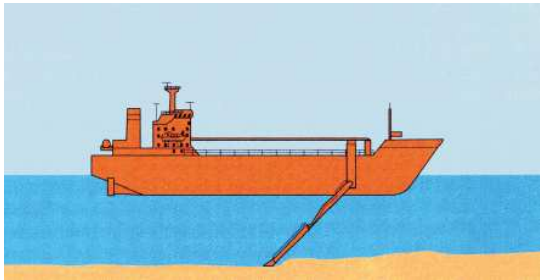
La sensibilité des milieux doit être considérée en fonction des espaces aménagés. Les travaux peuvent engendrer des perturbations des caractéristiques physiques (hydrodynamisme, sédimentologie) et biologiques (destruction d'espèces) des sites. On notera néanmoins que l'essentiel des matériaux extraits concerne des strates peu sensibles aux altérations de surface, et présente généralement moins de problématiques de contamination.

1.3 Techniques de dragage

Les dragages sont réalisés à l'aide de différents types d'engins et les matériaux de dragage sont évacués selon différents modes opératoires.

➤ Dragues hydrauliques aspiratrices

Les dragues aspiratrices fonctionnent en aspirant par des pompes centrifuges un mélange d'eau et de sédiment au travers d'un tube (élinde) muni d'un embout (bec d'élinde). La mixture est refoulée, selon les dragues, dans un puits, dans un chaland ou dans des conduites allant vers une zone de dépôt. Le volume du puits peut atteindre 8 500 m³ (drague *Samuel de Champlain* du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire). La profondeur de dragage est inférieure ou égale à une trentaine de mètres. L'efficacité du dragage peut être accrue par l'adjonction d'un désagrégateur (sorte de fraise) en acier à lames ou à griffes dans les terrains durs ou compactés au niveau du bec d'élinde ; ce dernier système entraîne une augmentation des remises en suspension au niveau du fond lors des opérations de dragage. On trouve deux types de dragues aspiratrices : les dragues aspiratrices stationnaires (DAS) et les dragues aspiratrices en marche (DAM).

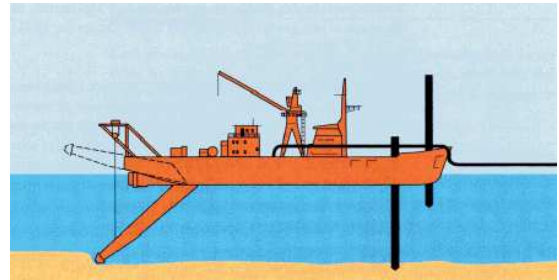


Drague aspiratrice en marche

Le dragage se fait en marche à vitesse réduite. 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. L'eau aspirée par l'élinde provoque un affouillement intense des fonds sous le bec qui laisse après son passage, un sillon d'une profondeur de 0,20 m à 0,50 m en général, jusqu'à 1 m, suivant les conditions de dragage et le type de bec. La mixture est ensuite refoulée dans les puits à déblais de l'engin où elle décante jusqu'à un remplissage convenable.

Il est possible alors de densifier la mixture présente dans le puits en continuant à draguer. Ce procédé est appelé surverse de densification.

Ce type de drague est utilisé dans le monde entier pour les dragages d'entretien des ports, des entrées et chenaux d'accès portuaires.

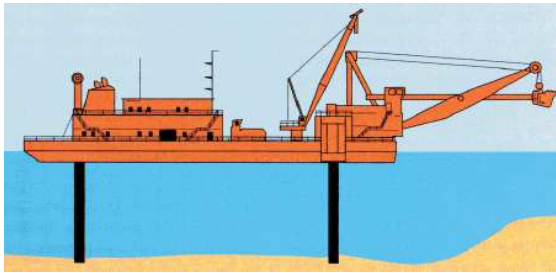


Drague aspiratrice stationnaire

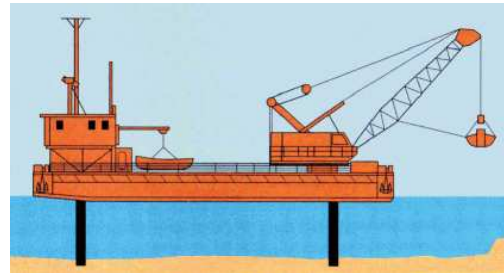
Ces dragues travaillent de façon stationnaire, sur pieux ou sur ancrés. Elles sont généralement utilisées en milieu portuaire pour l'excavation et l'élimination des matériaux non cohésifs et des sables peu compacts, dans des zones trop étroites pour permettre les évolutions d'une drague aspiratrice en marche. Son principal avantage est un rendement supérieur à toute drague de puissance comparable (jusqu'à 7 000 m³/h).

⇒ Dragues mécaniques

En France, les modèles de dragues mécaniques les plus représentées sont les **dragues à benne preneuse**, les **dragues à pelle** et les **dragues à godets**. La benne preneuse, la plus utilisée, est déposée sur le fond en position ouverte et pénètre dans le matériau à draguer sous l'effet de son poids et de l'action du mécanisme de fermeture. Le relâchement du filin fermant la benne permet de verser le contenu de celle-ci dans le puits à déblais de la drague, dans un chaland ou à terre. Ces dragues sont utilisées dans des zones difficiles d'accès (bordures de quais, bassins étroits) et peuvent travailler jusqu'à des profondeurs de 25 m (dragues à godets) à 30 m (dragues à benne).



Drague à pelle



Drague à benne

⇒ Dragages hydrodynamiques

Le dragage par remise en suspension peut être réalisé à partir d'outils différents. Le principe de base consiste à remettre les sédiments en suspension dans la colonne d'eau, qui sous l'influence du courant naturel ou d'un courant artificiellement entretenu, sont éparpillés ou transférés vers une zone bien définie.

Dragage à l'américaine

La technique de dragage à l'américaine consiste à rejeter en continu les sédiments pompés dans le milieu, soit au bordé, soit par clapets ouverts. Cette technique est d'autant plus efficace qu'elle est pratiquée dans des zones à forts courants susceptibles d'évacuer vers les zones souhaitées la mixture issue de la surverse.

Le dragage à l'américaine est utilisé occasionnellement dans certains estuaires où cette pratique persiste ponctuellement pour répondre à la nécessité d'évacuer rapidement des matériaux encombrant le chenal en liaison avec l'arrivée d'un navire de fort tirant d'eau et qui ne peuvent être transportés et immergés sur le site de dépôt faute de temps.

Le recours à ce type de dragage se justifie par des raisons uniquement économiques et non environnementales.

Dragage par injection d'eau

Le dragage par injection d'eau repose sur le principe des courants de densité. Une importante quantité d'eau est injectée dans les sédiments par l'intermédiaire de buses orientées perpendiculairement au mouvement de la drague. Les sédiments se fluidifient et se désolidarisent et un fluide de densité supérieure à l'eau est ainsi créé. Cette mixture se déplace alors sur le fond sous l'effet des courants et des forces de gravité.



Le Milouin et L'André Gendre à Nantes

(© MER ET MARINE - Vincent Groizeleau)



Rotodévasage

Le rotodévasage consiste à remettre les sédiments en suspension par le biais d'une embarcation munie d'une fraise horizontale de plusieurs mètres de large. L'action de la fraise sur la surface des fonds désolidarise le matériau qui est alors remis en suspension et transporté par les courants de fond.

Le format compact des outils d'intervention permet une utilisation dans les chenaux peu profonds.

Le Rochevilaine destiné à draguer les secteurs sensibles de l'estuaire de la Vilaine (Source : EPTB)

↪ Biodragage ou biorémédiation in situ

Le biodragage se base sur la biodégradation de la matière organique contenue dans les sédiments par injection de matériel microbiologique à la surface des vases à draguer. Les bactéries agissent sur les complexes organiques des vases en réduisant leur taille sous l'action d'enzymes exocellulaires. Ces molécules transformées sont soit digérées par les bactéries initiales, soit remises en circulation dans le milieu et consommées par d'autres organismes. La déstructuration progressive de la matière organique et sa digestion par les bactéries aboutit peu à peu à la minéralisation des sédiments. L'intervention se déroule généralement en trois étapes :

- **l'étape mécanique** qui a pour but de rompre la cohésion des matériaux et de permettre un meilleur contact et mélange avec les amendements et les bactéries ;
- **l'étape chimique** qui a pour but de conditionner les boues par adjonction d'amendements favorisant la digestion des matières organiques par les micro-organismes ciblés ;
- **l'étape biologique** assurée par les bactéries. La dégradation peut être réalisée de manière aérobie, rapide mais nécessitant un apport d'oxygène, ou de manière anaérobie nécessitant peu d'intervention en terme d'amendement mais qui s'avère être un processus plus lent.

Deux types de matériel bactériologique majeurs peuvent être distingués :

- **des bactéries endogènes** : des souches locales présentant des caractéristiques intéressantes sont prélevées et multipliées en vue d'une réinjection ultérieure selon les techniques présentées ci avant ;
- **des bactéries exogènes** : des souches externes au site présentant des spécificités propres en termes de dégradation (ciblée sur les hydrocarbures par exemple) sont employées.

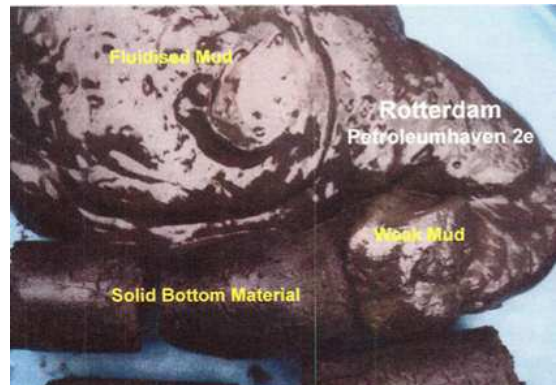
Cette technique a un champ d'application limité dans le sens où elle ne s'attaque qu'à la fraction organique des sédiments à draguer et qu'elle nécessite des moyens d'intervention très localisés, et des conditions hydrodynamiques très restrictives. Cette technique ne consiste pas à extraire des sédiments, mais permet de gagner de la hauteur d'eau par réduction de l'épaisseur des dépôts sur le fond.

A noter que cette technique reste expérimentale et qu'elle ne fait pas l'objet d'une validation scientifique et technique quant à sa mise en œuvre sur le terrain.

↳ Fluidification de vases ou « Active nautical depth »

Depuis quelques années, certains grands ports maritimes à l'international expérimentent de nouvelles techniques de gestion *in situ* de l'accumulation des sédiments dans les voies navigables. Parmi elles, la méthode « *Active nautical depth* ». **Cette technique consiste à fluidifier des sédiments à forte teneur en eau et en vase, de façon à pouvoir les conserver sur place sans qu'ils gênent la navigation.**

Ce processus utilise l'agitation de la vase pour éviter sa consolidation lors de sa sédimentation. Il serait réalisable sur des sédiments en suspension ou des vases ayant des valeurs de densité moyenne comprise entre 1 100 et 1 300 kg/m³. La structure sédimentaire des fonds est fluidifiée et ré-aérée jusqu'à obtenir un nuage de vase qui permette la navigation. La ré-oxygénation des sédiments entraîne par ailleurs la prolifération de bactéries aérobies qui sécrètent de grandes quantités de substances exopolymériques qui retardent le retour des matériaux à une phase consolidée.



Evolution de la structure des fonds en fonction de l'avancement du processus de fluidification (Source : N. Greize, R. Wurpts)

Cette fluidification / aération peut être réalisée selon deux méthodes principales :

- **par dragage hydraulique et refoulement sur les fonds marins** : en passant à travers les pompes, le matériau devient plus fluide. L'opération répétée périodiquement permet de maintenir la fluidité des sédiments ou des vases ;
- **par injection d'eau directement dans la vase** : les liens inter-particulaires sont détruits, fluidifiant le matériau et réduisant sa consolidation.

↳ Représentation des techniques de dragage employées en France³

Tous types de ports confondus, **la technique prédominante est le dragage hydraulique** avec une proportion de 67,7 % des dragages dans les GPM et de 81 % des dragages dans les ports de plus faible envergure.

S'il est peu employé seul dans les GPM (0,2 % des volumes dragués) qui l'utilisent davantage en méthode **mixte** associée au dragage hydraulique (23,3 % des volumes dragués), le **dragage mécanique** assure 13 % des volumes dragués dans les autres ports.

Enfin l'utilisation du **dragage par injection d'eau** semble être en augmentation. Il a représenté 8,7 % des dragages des GPM en 2008, essentiellement dans le port de Nantes Saint-Nazaire (2,3 Mm³), contre seulement 1,6 % dans les autres types de port.

Les autres techniques de type dragage à l'américaine ou rotodévasage ne sont pas représentées dans les GPM excepté pour des opérations bien spécifiques. La pratique de rotodévasage n'est relevée qu'en Charente Maritime, où elle est utilisée pour de petites opérations.

³ Analyse des données de l'enquête « dragage » 2008 – CETMEF/DELCE/DEML

2 Les immersions

2.1 Contexte des opérations en France

L'immersion représente la principale filière d'évacuation des matériaux de dragage face à d'autres filières telles que le rechargement de plage, le dépôt à terre et les autres filières de traitement existantes.

	Immersion (%)	Rechargement de plages (%)	Dépôt à terre (%)	Dépôt en mer (%)	Autres (%)
Manche	90,6	2	7,3		0,03
Atlantique	81,8	4	3,9	0,3	10,1
Méditerranée	59,1	27,1	13,8		

C'est en Méditerranée que ces solutions alternatives sont les mieux représentées, d'une part du fait de volumes dragués beaucoup moins importants que sur les autres façades et d'autre part du fait que les besoins de matériaux pour la lutte contre l'érosion des côtes sont eux aussi élevés.

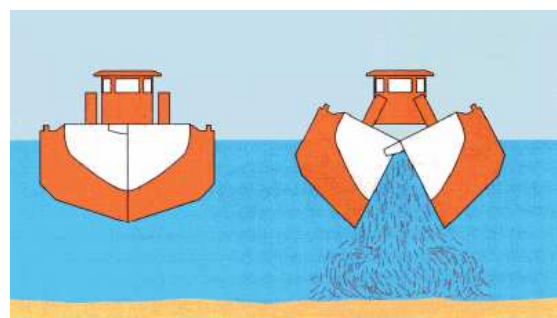
Les volumes immergés en France varient en fonction de la façade considérée, du type de port à l'origine des dragages, et de la disponibilité des autres modes d'évacuation des déblais. Les GPM assurent seuls 85 % du volume total immergé, soit 32,6 Mm³. Ces volumes doivent être nuancés par le fait que les dragages décompactent les matériaux, augmentant ainsi leur volume par foisonnement.

2.2 Techniques d'immersion

Les immersions de matériaux dragués se font principalement par clapage en mer. Dans certaines configurations les rejets peuvent être réalisés par refoulement hydraulique ou par conduite tandis que les dragages par remise en suspension des matériaux (très peu fréquents en France) peuvent techniquement être considérés comme des couplages dragage / immersion bien spécifiques.

⇒ Rejet par clapage

Cette opération est en principe réalisée par des navires disposant d'une cale pouvant s'ouvrir par le fond. Les matériaux sont entraînés vers le fond par gravité mais la différence de densité entre les particules constitutives du matériau engendre des différences de comportement. En présence de sédiments contaminés, les matériaux peuvent éventuellement être recouverts par des sédiments propres et identiques (d'un point de vue granulométrique) à ceux du site de dépôt, afin d'éviter la dispersion des éléments contaminants dans le milieu. C'est la technique dite du « *capping* ».



Clapage par drague fendable

(Source : Ifremer)

2.3 Typologies de sites d'immersion

Ce sont essentiellement les configurations hydrodynamiques et sédimentaires des lieux de dépôt qui conditionnent la typologie des immersions. Le régime hydro-sédimentaire conditionne en effet la stabilité des dépôts, l'évolution de leur cheminement sur les fonds et donc les phénomènes d'accumulation ou de dispersion des matériaux.

Les **zones conservatives** se caractérisent ainsi par une relative stabilité hydro-sédimentaire : l'essentiel des déblais immergés restent en place à une échelle de temps pluri-annuelle. Des opérations à dépôts successifs conduisent à l'accumulation de matériaux sur la zone et à une perturbation à plus long terme du milieu.

Les **zones dispersives** se caractérisent au contraire par une forte dynamique sédimentaire : l'essentiel des déblais est repris dans la dynamique globale (à nuancer en fonction des volumes immergés et des caractéristiques granulométriques néanmoins). La zone d'influence potentielle est élargie mais la zone est progressivement renouvelée.

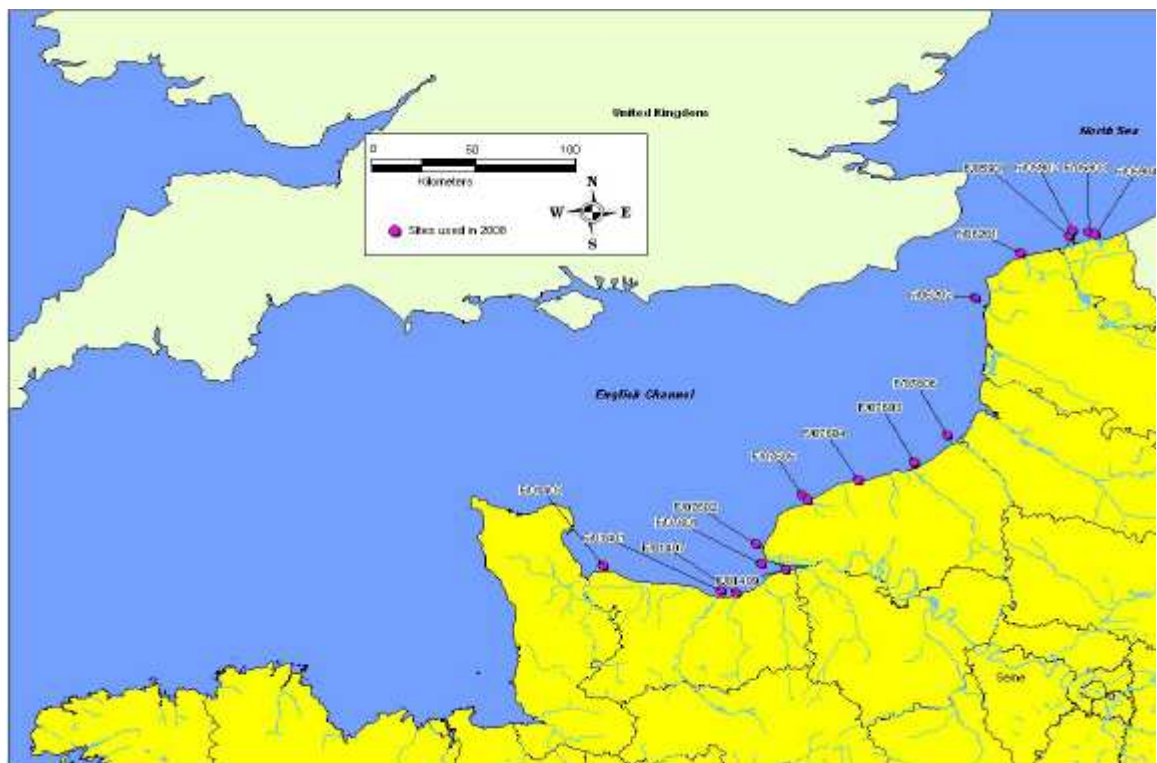


Figure 3 : Exemple de localisation de sites d'immersion - cartographie des sites d'immersion utilisés en Manche en 2008

(Source : Enquête dragage 2008 - CETMEF)

3 Effets et impacts sur l'environnement et les activités

Par leur action mécanique directe sur les fonds et sur la colonne d'eau, et les interactions indirectes qui en découlent, les dragages et immersions génèrent des effets multiples sur l'environnement. Les impacts qu'ont ces effets sur l'environnement dépendent de sa sensibilité aux perturbations induites.

La bibliographie nationale et internationale permet aujourd'hui d'appréhender les principaux effets potentiels provoqués par les opérations de dragage⁴ et d'immersion de matériaux sur les différentes composantes de l'environnement marin ou estuarien : hydrodynamisme, sédimentologie, qualité des eaux, faune et flore des fonds et de la colonne d'eau, avifaune, activités socio-économiques environnantes. Les retours d'expérience et les suivis scientifiques d'opérations passées permettent d'apprécier certains des impacts associés à ces effets dans le contexte spécifique de chacune de ces opérations.

Les schémas suivants synthétisent les liens de causes à effets potentiellement associés aux opérations de dragage et d'immersion. Ils ciblent le milieu naturel et les effets potentiels sur les activités humaines sont représentés succinctement par la dénomination « activités socio-économiques ». Ces schémas ne préjugent en rien des impacts associés à ces effets, qui doivent être étudiés vis-à-vis des spécificités de chaque opération. Les effets exposés dans ces schémas et la sensibilité des différentes composantes de l'environnement à ces effets sont présentés de manière synthétique dans **l'annexe technique n°2 « Effets et impacts sur l'environnement et les activités »**.

Le principal effet à considérer, pour les dragages comme pour les immersions, est respectivement l'effet direct sur le compartiment sédimentaire et le benthos par prélèvement de matériaux et le recouvrement, qui entraînent la destruction au moins temporaire des habitats en place. Si l'apport de matériaux contaminés focalise par ailleurs les attentions, les effets de ces contaminants sur la faune et la flore des sites de dépôt restent complexes à mettre en évidence. Ce sont avant tout les risques sanitaires potentiellement associés à la contamination de produits de la pêche ou des cultures marines, du fait de l'altération de la qualité des eaux, qui sont aujourd'hui ciblés.

Véritable base de la démarche de conception du programme de suivi, l'évaluation environnementale doit mener à une caractérisation et une hiérarchisation claire des enjeux du projet. L'objectif d'un programme de suivi n'est pas de suivre l'ensemble de ces effets, mais bien d'évaluer les effets jugés les plus significatifs et/ou les récepteurs subissant ces effets. Les informations en résultant doivent permettre de répondre aux objectifs du suivi : ajustement des opérations, évaluation de l'efficacité des mesures mises en œuvre, amélioration des connaissances, etc.

Un guide spécifique sera consacré aux impacts des dragages et des immersions et à leur évaluation.

⁴ Les connaissances disponibles portent essentiellement sur les techniques les plus employées : dragage hydraulique et en moindre mesure, dragage mécanique. Les effets et impacts environnementaux associés aux techniques rarement utilisées ou émergentes sont moins bien appréhendés.

Figure 4 : Synthèse des effets potentiels des dragages sur l'environnement (Source : CEFAS, 2003, adapté d'Elliott & Hemingway, 2002)

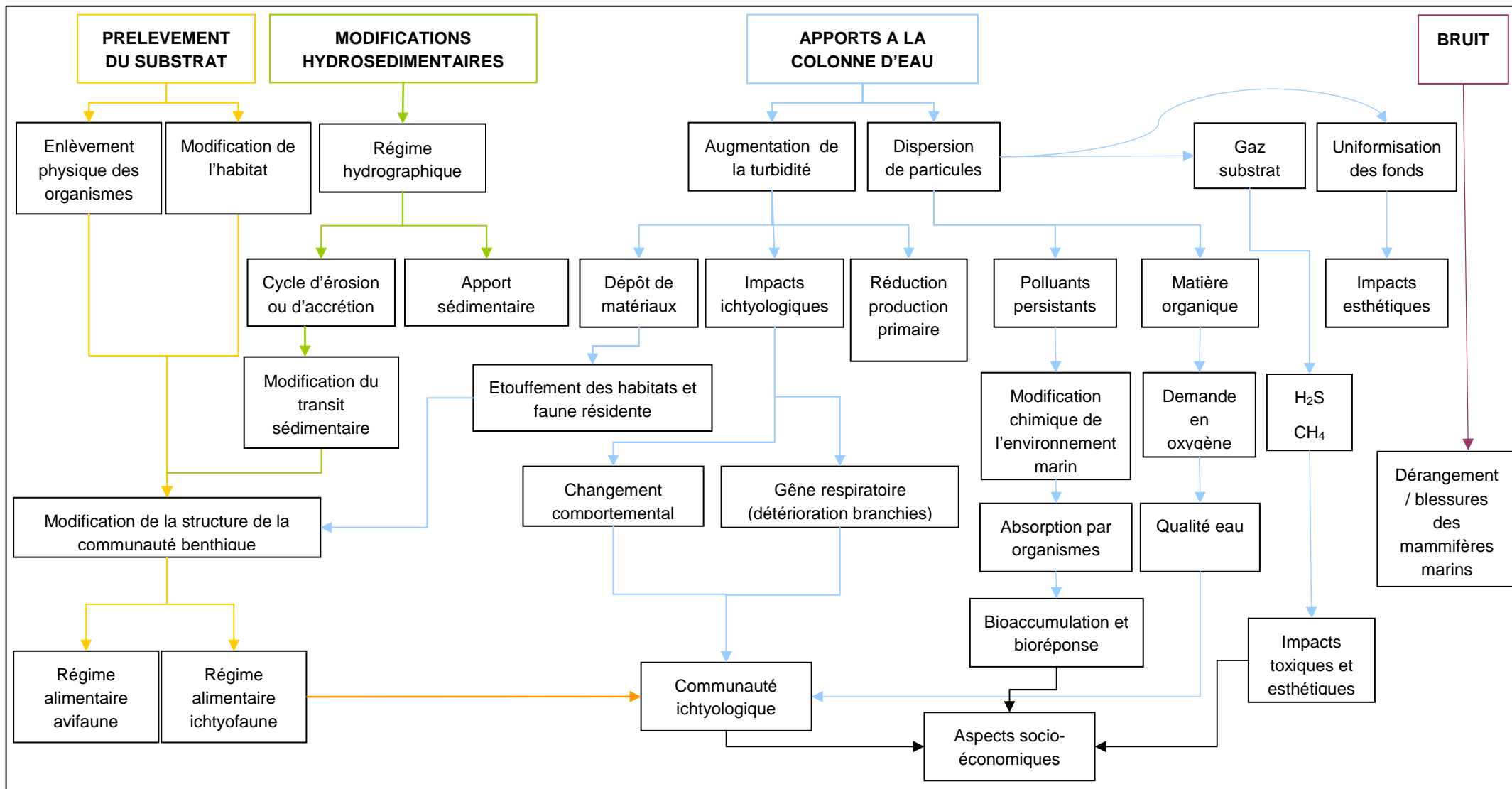
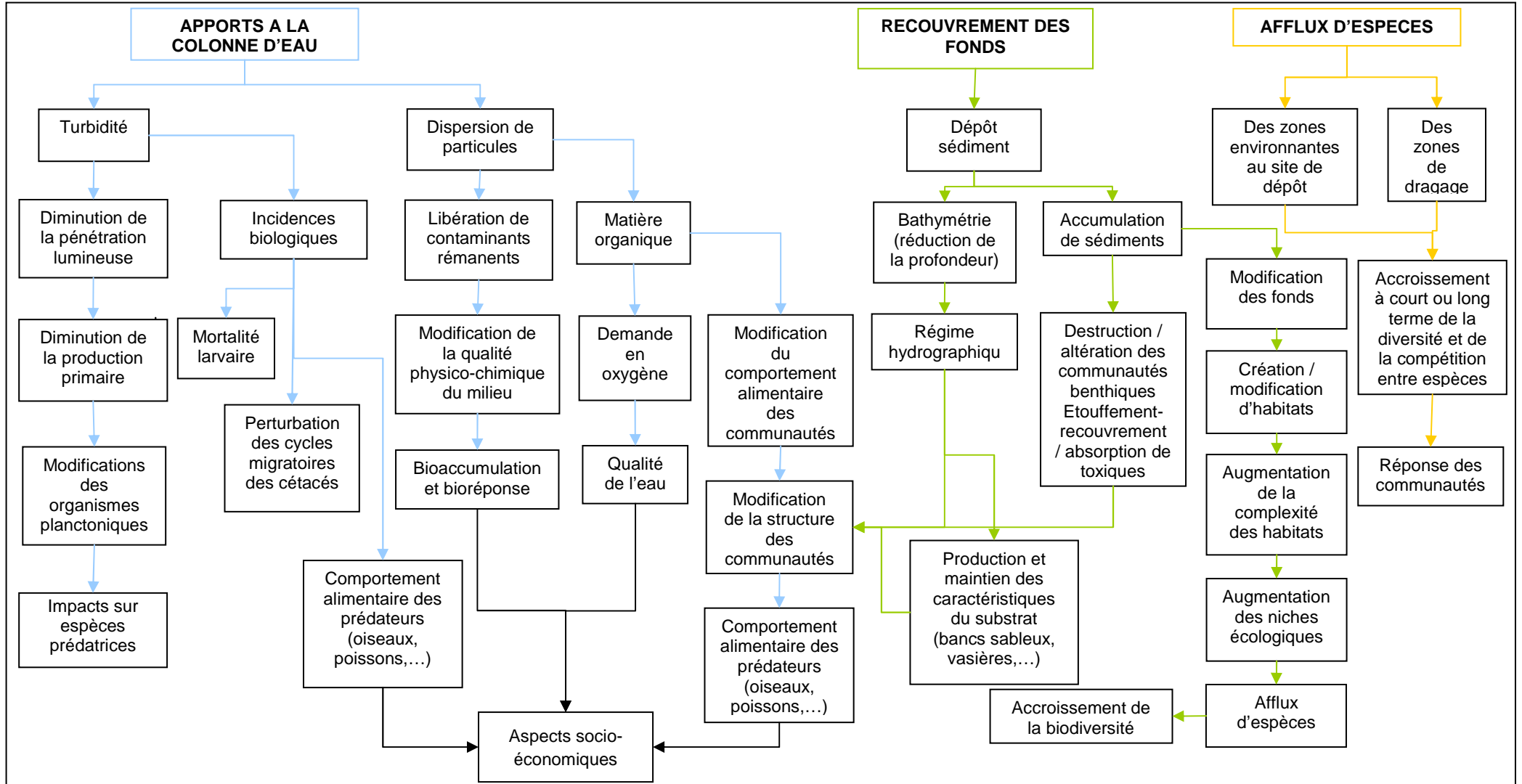


Figure 5 : Synthèse des effets potentiels des immersions sur l'environnement (Source : CEFAS, 2003, adapté d'Elliott & Hemingway, 2002)



4 Cadre juridique des suivis relatifs aux opérations de dragage et d'immersion

Le cadre juridique des opérations de dragage et d'immersion s'exprime au travers de conventions internationales, d'une réglementation communautaire européenne et de textes nationaux qui encadrent le déroulement de ces pratiques sur le territoire. C'est essentiellement à ce troisième échelon que la notion de suivi est exprimée par la réglementation. A ce titre, deux types de suivis plus ou moins directement associés aux dragages et immersions peuvent être distingués :

- Le suivi d'impacts des opérations de dragage et/ou d'immersion ;
- Le suivi des zones portuaires et de la qualité des matériaux sédimentaires.

Ce guide porte essentiellement sur le premier type de suivi, néanmoins les bases réglementaires des suivis des zones portuaires seront rappelées ici. **L'annexe technique n°1 « Réglementation »** propose une description approfondie du cadre juridique des opérations de dragage et d'immersion. Les points suivants détaillent les éléments spécifiques aux suivis.

4.1 Suivis des impacts des dragages et immersions

4.1.1 Le régime d'autorisation ou de déclaration au titre de la loi sur l'eau

Conformément à l'article R. 214-1 du code de l'environnement, les activités de « **dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin** » sont soumises au régime d'autorisation ou de déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-6 du même code. Le code de l'environnement indique le contenu de la demande d'autorisation (article R. 214-6) et de déclaration (article R. 214-32).

➔ **La pièce n°5 du dossier indique, entre autres, les moyens de surveillance prévus.**

4.1.2 Etude d'impact

L'article L. 122-1 du code de l'environnement impose que « *les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leur dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une **étude d'impact** permettant d'en apprécier les conséquences* ». La réforme des études d'impact entrée en vigueur le 1^{er} juin 2012 impose pour chaque opération de dragage soumise à autorisation, la réalisation d'une étude d'impact du projet sur l'environnement. Elle précise également les informations relatives au suivi à faire paraître dans le dossier et dans la déclaration d'autorisation.

➔ **Le chapitre n°7 de l'étude d'impact doit notamment décrire les modalités de suivi des mesures mises en œuvre pour éviter, réduire ou compenser les impacts négatifs notables du projet sur l'environnement ainsi que de leurs effets sur ces impacts.**

Les articles R.122-14 et R.122-15 précisent par ailleurs la prise en compte des suivis dans la décision d'autorisation du projet. Ainsi la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet doit mentionner :

- Les modalités du suivi des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;
- Les modalités du suivi de la réalisation des mesures prévues ainsi que du suivi de leurs effets sur l'environnement, qui doivent faire l'objet d'un ou plusieurs bilans réalisés selon un calendrier déterminé par l'autorité compétente pour autoriser ou approuver. Ce ou ces bilans doivent être transmis pour information par l'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution, à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement

Le suivi des mesures prévues consiste en une présentation de l'état de réalisation de ces mesures, à travers un ou plusieurs bilans, permettant de vérifier le degré d'efficacité et la pérennité de ces mesures, sur une période donnée.

Au vu du ou des bilans du suivi des effets du projet sur l'environnement, une poursuite de ce suivi peut être envisagée par l'autorité qui a autorisé ou approuvé le projet.

4.1.3 Evaluation des incidences sur la conservation des sites Natura 2000

La réglementation relative à l'évaluation des incidences de projets sur la conservation de sites Natura 2000 ne précise à ce jour aucune spécification vis-à-vis du suivi des incidences éventuelles sur la conservation de ces sites. En pratique, les modalités de suivi sont choisies au regard de la sensibilité et des enjeux de conservation des habitats et/ou des espèces pour lesquels le site a été désigné.

4.2 Suivi des zones portuaires

En France, la qualité des eaux et des sédiments portuaires est suivie à partir des mesures effectuées en application de la circulaire du 14 juin 2000 et de son instruction technique, et par le Réseau national de surveillance des ports maritimes (REPOM) opéré par les cellules qualité des eaux littorales (CQEL). Les analyses effectuées dans le cadre de la circulaire concernent seulement les sédiments destinés au dragage alors que le REPOM s'intéresse aux eaux et sédiments portuaires dans leur ensemble. Par leur complémentarité, ces deux dispositifs permettent aux gestionnaires de disposer d'une vision élargie de la qualité des environnements portuaires et de leur évolution⁵.

Les instructions techniques de la circulaire portent sur le prélèvement et l'analyse des déblais de dragage et indiquent la stratégie d'échantillonnage, les paramètres à analyser et les méthodes normalisées ou recommandées, les modes de restitution et d'interprétation des résultats.

⁵ Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. IFREMER, 2003

Chapitre 2 - Principes fondamentaux d'un suivi environnemental

1 Définition et objectifs généraux

Le suivi environnemental est une opération à caractère analytique et scientifique qui sert à mesurer les impacts de la réalisation d'une opération sur l'environnement et à évaluer la performance des mesures proposées pour supprimer, réduire ou compenser ces impacts. Le suivi est donc l'examen continu ou périodique d'un projet, d'une partie ou d'un ensemble de projets et de composantes spécifiques de leur environnement.

1.1 Champ d'application

Le champ d'application des suivis peut comprendre :

- **des suivis préalables** aux travaux de dragage et d'immersion permettant de définir un état de référence de l'environnement ;
- **des suivis en temps réel** des travaux de dragage et d'immersion ;
- **des suivis post-travaux** pour évaluer les impacts à moyen ou long terme des opérations d'extraction et d'immersion.

1.2 Objectifs des suivis environnementaux

L'objectif majeur d'un suivi environnemental est la préservation de l'environnement soit par le biais de suivis en temps réel permettant une adaptation directe du projet par la mise en œuvre d'actions correctives, soit par le biais de suivis de moyen et long terme visant une amélioration itérative des projets par retour d'expériences. Les objectifs des suivis s'inscrivent ainsi dans plusieurs logiques complémentaires :

- contrôler la qualité environnementale du projet en vérifiant que les incidences temporaires et permanentes, directes et indirectes du projet sont conformes avec les prévisions de l'étude d'impact, du document d'incidences sur l'eau et du dossier d'incidences Natura 2000 ;
- vérifier l'efficacité des mesures réductrices mises en œuvre ;
- recadrer les mesures réductrices dans le cas où elles seraient inadaptées aux incidences constatées ;
- tirer des enseignements pour les opérations de dragage et d'immersion qui seront entreprises à l'avenir, notamment en améliorant la conduite du chantier ou les modalités d'extraction et d'immersion ;
- exploiter les données des retours d'expérience pour améliorer les méthodes de suivi ;
- alimenter les instances de concertation avec des données objectives.

Au-delà de ces objectifs techniques, il s'agit de permettre au maître d'ouvrage d'asseoir sa crédibilité quant à sa capacité à réaliser ses engagements relatifs à la protection de l'environnement marin.

2 Principes méthodologiques

La démarche méthodologique proposée ici pour l'établissement d'un système de suivi d'un projet peut être scindée en **six étapes structurantes**.

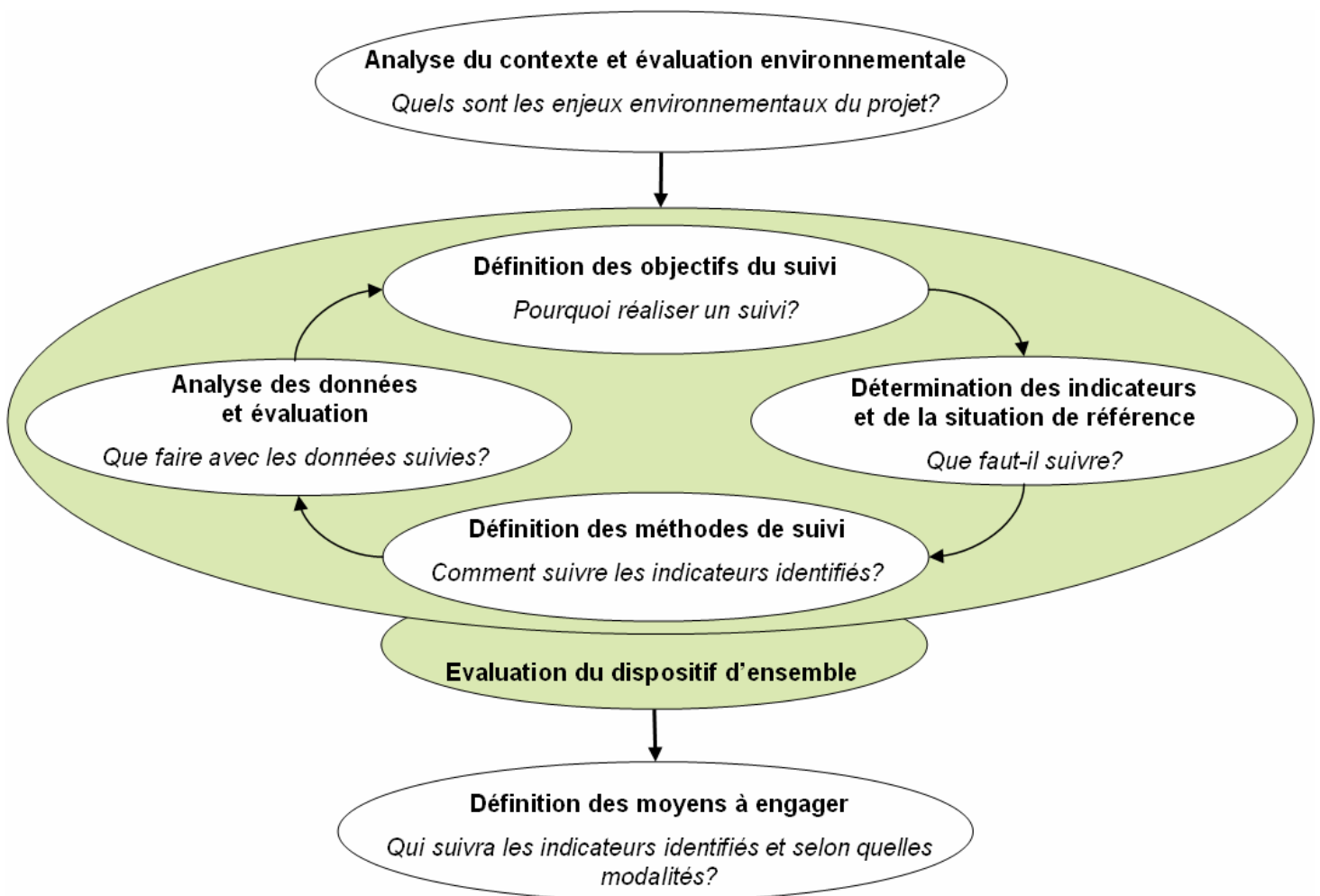


Figure 6 : Etapes méthodologiques pour la conception d'un programme de suivi



2.1 Etape n°1 : Analyse du contexte et évaluation environnementale

Cette étape constitue la base de l'élaboration du système de suivi. Il s'agit d'analyser le contexte technique du projet au regard du contexte environnemental des sites de dragage et d'immersion et des zones alentours susceptibles d'être influencées indirectement par les opérations. L'objectif est d'établir une analyse pertinente des principales problématiques de causes à effets entre le projet et l'environnement. La démarche d'évaluation environnementale constitue un outil adapté pour cette première phase d'analyse.

L'environnement est ici désigné au sens large et fait globalement appel à six dimensions :

- **Ecologie** : préserver la biodiversité et la pérennité des écosystèmes ;
- **Pollution** : minimiser les rejets dans les milieux ;
- **Ressources naturelles** : assurer une utilisation durable des ressources naturelles (eau, énergie, espace, air, ressources halieutiques et conchylicoles, etc.) ;
- **Santé et sécurité** : minimiser et prévenir les risques sanitaires ;
- **Cadre de vie** : améliorer le cadre de vie quotidien et réduire les nuisances ;
- **Patrimoine** : conserver et transmettre aux générations futures les éléments remarquables du patrimoine.

Les démarches d'évaluation environnementale pour un projet de dragage et d'immersion peuvent être nombreuses et plus ou moins spécifiques :

- Etude d'impact environnementale ;
- Evaluation d'incidences sur l'eau dans le cadre d'une déclaration ou d'une demande d'autorisation de travaux au titre de la loi sur l'eau ;
- Evaluation d'incidences au regard de la conservation des sites Natura 2000 ;
- Evaluation d'impacts résiduels dans le cadre d'un dossier CNPN.

Cette phase doit mener à l'identification des problématiques environnementales majeures associées aux différentes phases du projet. Si elle ne fait pas spécifiquement l'objet de ce guide, on en rappellera néanmoins quelques aspects essentiels (*voir encadré suivant*).

L'ensemble des données nécessaires à cette phase d'analyse de projet sont présentées dans **l'annexe technique n°3 « Critères d'évaluation »**. Y sont décrits la liste des éléments nécessaires à une description complète de la typologie des sites de projet, ainsi que des éléments majeurs à prendre en compte pour l'évaluation des impacts du projet sur l'environnement :

- Les conditions de milieu : caractéristiques générales des façades maritimes, conditions hydrodynamiques ;
- Les sensibilités majeures de l'environnement : sensibilité des habitats et sensibilité des usages, qualité et quantité des matériaux de dragages et conditions océanographiques locales ;
- Les caractéristiques de projet : qualité et quantité des matériaux.

➔ **Réflexion sur l'évaluation environnementale et la hiérarchisation objective des enjeux.**
Notions d'effets et d'impacts

Qu'il s'agisse d'un dragage et/ou d'une immersion, toute opération **interagit** inévitablement avec son environnement et **modifie** de fait certains paramètres environnementaux mais pas forcément de façon irréversible.

L'**effet** décrit la conséquence objective de cette interaction sur l'environnement. Par exemple, un dragage entraîne la remise en suspension de matériaux dans la colonne d'eau.

L'**impact** est la transposition de cette conséquence sur les différents compartiments de l'environnement (écosystème, paysage et patrimoine, usages) selon une échelle de **sensibilité**. Par exemple, une remise en suspension temporaire de matériaux dans la colonne d'eau aura un impact négligeable dans un contexte de forte turbidité naturelle tandis qu'elle pourra avoir un impact plus conséquent dans une mer où des habitats et espèces sont fortement conditionnés par la transparence de l'eau.

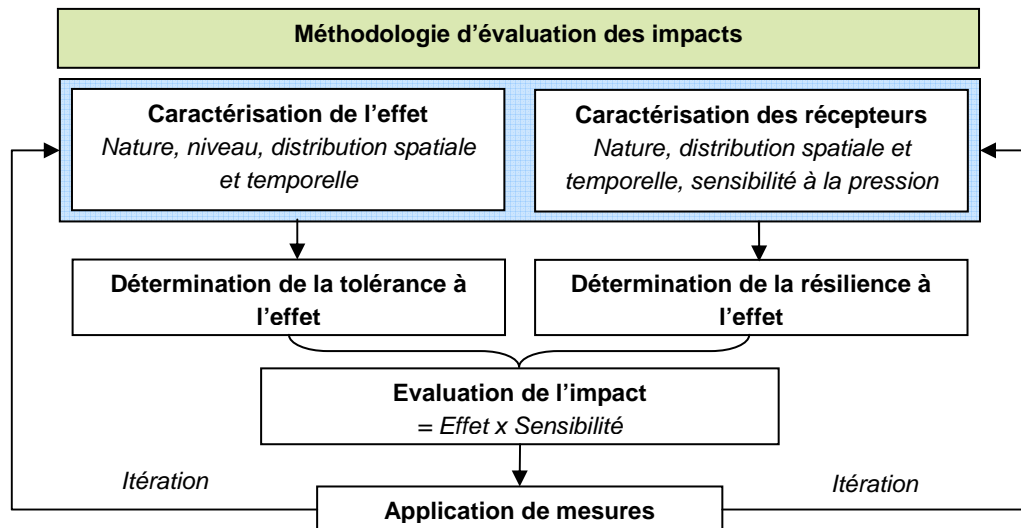


Figure 7 : Schéma méthodologique de l'évaluation des impacts d'un projet sur l'environnement

La distinction entre les effets des opérations et les impacts qu'ils sont susceptibles de générer est essentielle dans le processus d'évaluation environnementale. Elle permet de cerner puis de hiérarchiser les véritables enjeux d'un projet parmi l'ensemble des interactions qu'il entretient avec le milieu, de cibler les interactions méritant de faire l'objet de mesures d'accompagnement afin d'en réduire les impacts potentiels, et enfin de définir les impacts résiduels pour lesquels il paraît pertinent d'obtenir une information de contrôle par le biais d'un suivi.

L'évaluation environnementale est donc une étape charnière du processus de réflexion sur la pertinence du programme de suivi. La façon de retranscrire les enjeux environnementaux du projet a un rôle central pour la suite du processus de décision. On ne peut donc qu'insister à ce stade, sur l'importance de la pertinence de la méthode de caractérisation des impacts retenue et sur la qualification des enjeux qui en découlent.



2.2 Etape n°2 : Définir les objectifs de suivi

Cette étape conduit à définir les objectifs de suivi sur la base de l'évaluation environnementale et des principaux enjeux qu'elle fait ressortir. La définition des objectifs de suivi répond à la question : **pourquoi réaliser un suivi ?**

La conception d'un programme de suivi pertinent doit ainsi se baser sur l'identification des besoins de contrôle et de surveillance au regard des principaux impacts attendus. Comme l'illustre le schéma de la figure 4, la définition des objectifs de suivi est un processus itératif. Les besoins de contrôle et de surveillance qui émergent des résultats de l'évaluation environnementale doivent ainsi être systématiquement confrontés aux questions structurantes des étapes méthodologiques suivantes :

- De quelles sortes d'informations a-t-on besoin pour chacun des suivis envisagés ?
- A quelle fréquence et sur quelle durée ces informations sont-elles nécessaires ?
- Dispose-t-on des connaissances et d'une expertise technique et scientifique suffisante pour la réalisation des suivis envisagés et une interprétation pertinente des résultats ?

C'est en répondant préalablement à ces questions vis-à-vis de chaque risque d'impact prédit par l'étape d'évaluation environnementale que l'on peut juger de la pertinence de chaque suivi envisagé.

Le chapitre 4 du guide propose une réflexion sur l'opportunité des suivis de chaque composante de l'environnement au vu des connaissances et des outils techniques et méthodologiques disponibles.

2.3 Etape n°3 : Détermination des indicateurs et de la situation de référence

Dans le cadre d'un suivi d'évaluation environnementale, les indicateurs sont utilisés pour mesurer l'état de référence d'un compartiment et pour évaluer les changements et les tendances relatifs à ce compartiment, en comparant les valeurs de l'indicateur à différents instants en tenant compte de la variabilité naturelle, de valeurs de référence, etc. La détermination d'indicateurs répond à la question : **que faut-il suivre ?**

Un indicateur peut être défini comme « une variable dont le but est d'évaluer la valeur et de mesurer le changement d'un phénomène ou d'un processus plus large ». A ce titre, de nombreux indicateurs peuvent être définis pour chaque compartiment de l'environnement susceptible de subir les impacts des opérations de dragage et d'immersion et pour lequel un suivi pourrait être envisagé. Néanmoins, tous ne sont pas mesurables et la sélection d'indicateurs appropriés est un élément central de tout système de suivi.

2.3.1 Classification d'indicateurs environnementaux

Dans le cadre d'une démarche de suivi environnemental, il est nécessaire de classifier les indicateurs selon trois grandes catégories :

- **Les indicateurs d'état** reflètent la situation des fonctions environnementales et sont liés directement aux qualités environnementales à suivre ;
- **Les indicateurs de pression** reflètent le changement dans le niveau de stress ou de pression provoqué par les opérations. Ils peuvent eux-mêmes être distingués entre :
 - indicateurs d'une pression environnementale directe ;
 - indicateurs d'une pression environnementale indirecte.
- **Les indicateurs de réponse** mesurent les réactions aux impacts générés.

A cette classification peut se rajouter la distinction entre indicateurs directs et indirects. Les **indicateurs directs** se réfèrent aux mesures directes des paramètres associés au compartiment environnemental considéré. Les **indicateurs indirects** se réfèrent aux variables indirectement associées au compartiment environnemental considéré, généralement au travers d'une chaîne de causes à effets.

Tableau 1 : Exemples d'indicateurs d'état environnemental, de pression et de réponse pour la nature des fonds (A), le benthos (B) et les zones pêche ou de culture marine (C) suite à une opération d'immersion

Type d'indicateur environnemental	Exemple
Indicateur d'état	(A) Morphologie, faciès sédimentaires, bathymétrie (B) Densité, richesse spécifique, diversité taxonomique, biomasse, etc. (C) Surface, effectif d'individus élevés, qualité des animaux
Indicateur de pression - Directe	(A) Volume de matériaux prélevés (dragage) ou déposés (immersion) (B) Variation de la morphologie des huîtres en réponse à une exposition au TBT (C) Taux de déclassement des produits
- Indirecte	(A) Conditions hydrodynamiques (B) Taux de colonisation par des espèces opportunistes (C) Taux de reparcage des produits
Indicateur de réponse	(A) Erosion / engraissement (B) Diversité des habitats (C) Perte de revenus associés à l'interdiction de commercialisation des produits

Aujourd'hui la majorité des suivis environnementaux réalisés dans le cadre des opérations de dragage et d'immersion sont des suivis d'indicateurs d'état. Les exemples d'indicateurs de pression et de réponse proposés ici sont d'ailleurs illustratifs et ne proviennent pas nécessairement de suivis usuellement mis en œuvre.

En effet, les connaissances et la maîtrise relativement limitées des liens de causes à effets en milieu marin pousse à retenir des indicateurs simples, robustes et exploitables. Un tableau récapitulatif des indicateurs les plus couramment employés aujourd'hui en France est proposé dans l'annexe technique « Méthodes de suivi ».

Les indicateurs peuvent être appréciés par des valeurs quantitatives ou qualitatives :

- Les **indicateurs quantitatifs** sont exprimés et évalués en termes de quantités, nombres, volumes, pourcentages, etc.
- Les **indicateurs qualitatifs** sont exprimés en termes de situations, objets, perceptions, et appréciés selon des échelles (bon / suffisant / mauvais) ou de réponses à une question (oui / non).

Si de manière générale les indicateurs quantitatifs sont préférables aux indicateurs qualitatifs, de tels indicateurs ne sont pas toujours évidents à définir dans le cadre d'une évaluation environnementale.

Exemple : la détermination de la richesse spécifique du benthos sur un site d'immersion doit s'accompagner d'une évaluation de la qualité des espèces au regard de l'habitat considéré ; l'inventaire de nombreuses espèces ne sera pas nécessairement le gage d'une bonne qualité du milieu ou d'un retour à son équilibre si les communautés sont dominées par des espèces opportunistes au stade de recolonisation.

2.3.2 Caractéristiques des indicateurs

Le choix d'indicateurs d'évaluation appropriés fait appel à de solides connaissances scientifiques et au retour d'expérience de suivis antérieurs. Certaines préconisations peuvent néanmoins être formulées pour s'orienter vers les indicateurs les plus adaptés. Les indicateurs retenus devront répondre à un certain nombre de **critères de conditionnalité**.

Conditionnalités des indicateurs	Commentaires
Pertinence	Le choix des indicateurs doit être en adéquation avec les besoins de l'utilisateur.
Précision	Elle traduit la proximité entre la valeur estimée et la vraie valeur.
Sensibilité	Un indicateur doit varier de façon significative afin de pouvoir tirer des conclusions pertinentes sur ses évolutions. Ainsi des indicateurs qui ne seraient peu ou pas sensibles aux pressions imposées par les dragages ou les immersions ne présenteront pas un intérêt majeur.
Fiabilité (ou crédibilité)	La fiabilité représente la confiance que l'on aura dans l'information véhiculée par l'indicateur. Un indicateur non fiable est par exemple un indicateur qui pourrait prendre des valeurs significativement différentes alors que les mesures réalisées pour le quantifier sont similaires.
Comparabilité	Condition complexe à satisfaire, la comparabilité d'un indicateur est bonne quand l'information véhiculée par l'indicateur pour des mesures réalisées à des instants différents reste interprétable sous les mêmes conditions.



Conditionnalités des indicateurs	Commentaires
Spécificité	L'indicateur doit répondre spécifiquement aux attentes et être capable de distinguer les effets d'un phénomène mesuré parmi d'autres.
Sélectivité	Le programme de suivi doit faire appel à des indicateurs en nombre suffisant mais limité afin que l'information soit accessible aux différentes parties. En effet, lorsque les programmes développés sont multisectoriels, on aura tendance à vouloir tout mesurer et à concevoir un système d'indicateurs trop lourd qu'il sera finalement impossible de faire vivre. Par ailleurs, il est communément admis qu'en situation de décision, une personne ne peut intégrer et considérer plus d'une dizaine d'indicateurs à la fois.
Disponibilité	L'indicateur doit avoir une existence réelle et sa quantification doit être faite à intervalles réguliers. De fait, bon nombre d'indicateurs sont proposés dans des systèmes mais ne sont pas disponibles et restent non renseignés.
Fraîcheur	La fraîcheur traduit le pas de temps où l'indicateur pourra être quantifié. En effet, certains indicateurs ne sont pas quantifiables régulièrement et ne présentent aucun intérêt pour des suivis cherchant à caractériser des évolutions de court ou moyen terme.
Significativité	Un indicateur est significatif quand il traduit correctement ce que l'on veut mesurer et est compris en tant que tel par les différents acteurs.
Interprétabilité	L'indicateur, répondant à un besoin, doit être compréhensible par tous.
Ponctualité	L'indicateur doit être adapté aux échéances décisionnelles pour lesquelles il est utilisé.
Rentabilité	Le rapport efficacité / coût doit être acceptable et en accord avec les ressources allouées.

2.3.3 Normes, points de référence et situations de base

La comparaison d'une mesure ou d'une observation à une norme ou un point de référence est indispensable pour juger de la qualité de cette mesure ou de cette observation et en faire ainsi un indicateur.

➔ Une **norme** peut être définie comme la valeur de référence d'un indicateur nécessaire pour une comparaison objective et une évaluation de qualité qui dépasse le contexte dans lequel les mesures sont prises.

Exemple : *les normes de qualité réglementaires telles que les normes sanitaires pour la consommation de coquillages constituent des valeurs de référence nationales auxquelles peuvent être comparés les résultats de suivis de zones conchylicoles. L'indicateur « qualité des produits » est alors jugé indépendamment du contexte local.*



Une prudence particulière doit cependant être retenue lors de l'interprétation d'impacts par comparaison de résultats de suivis à des normes ; l'étendue des conclusions qui peuvent être tirées d'une telle comparaison doit être clairement définie. Ces normes sont en effet souvent liées à des régimes d'autorisation d'actions (travaux, commercialisation de produits, etc.), et en l'absence d'autres valeurs de référence, elles sont souvent employées comme valeurs guides générales d'impact sur l'environnement.

➔ Une **situation de base** se réfère à une situation à un certain moment et en un certain lieu. Elle peut être utilisée comme **point de référence** pour établir des tendances. La comparaison entre la situation de suivi et la situation de référence permet d'évaluer les effets et ou les impacts du projet dans la limite de représentativité du point de référence (variabilité naturelle, autres influences anthropiques, marge d'erreur liée à la technique de caractérisation, etc.)

Exemple : *la structure et la qualité des communautés benthiques s'apprécient en fonction des caractéristiques spécifiques d'un milieu donné. Le suivi de l'évolution des communautés benthiques sur un site de dragage se fait par comparaison à un état de référence des communautés décrit spécifiquement sur le site de dragage avant travaux.*

➔ Afin de pouvoir évaluer si une tendance est due à l'influence des opérations ou à une fluctuation de l'environnement indépendante de l'influence du projet, il est par ailleurs nécessaire d'établir **une situation de suivi** (situation de base) qui n'est pas influencée par les opérations du projet mais uniquement par les facteurs de contexte. Là encore, la représentativité de la situation de suivi doit être considérée dans l'évaluation des impacts du projet.

Exemple : *le suivi de la turbidité des eaux sur un site d'immersion doit être confronté à un suivi de la turbidité des eaux hors zone d'influence de l'immersion, et ce afin de juger de la part de variation de la turbidité attribuable à l'immersion au regard des fluctuations naturelles de la turbidité.*

On notera qu'en vue d'établir une analyse comparative pertinente, les mesures de description d'un état de référence devront intégrer les fluctuations naturelles du milieu afin de fournir un **point de référence représentatif**.

Exemples :

- *suivi d'espèces sur une durée représentative de leur cycle biologique.*
- *suivi de la turbidité des eaux sur un cycle annuel afin d'intégrer les fluctuations saisonnières associées aux conditions météorologiques et aux apports anthropiques.*

Le choix des indicateurs est un processus itératif : les indicateurs sélectionnés pour une campagne de suivi peuvent être amenés à évoluer en fonction des retours d'expérience.



2.4 Etape n°4 : Définition des méthodes de suivi

L'objectif principal de cette étape est la définition des stratégies de collecte de l'information. Il s'agit à ce stade de répondre à la question : **comment suivre les indicateurs identifiés ?** En d'autres termes, c'est la phase de calage des protocoles de suivi.

L'**annexe technique n°4 « Méthodes de suivi »** propose à ce titre plusieurs **fiches techniques** décrivant des éléments de protocoles pour le suivi des principaux compartiments environnementaux susceptibles d'être impactés par les opérations de dragage et d'immersion. Chaque fiche fait état des paramètres à mesurer et des méthodes d'acquisition (stratégie d'échantillonnage, outils, fréquence, etc.). Les méthodes proposées reflètent l'état des pratiques actuelles et intègrent des préconisations issues des principaux retours d'expériences disponibles.

2.5 Etape n°5 : Analyse des données et évaluation

Cette étape ultime répond enfin à la question : **que faire avec les données de suivi ?** Il s'agit d'analyser les données récoltées lors des campagnes de suivi, d'établir les conclusions associées, d'intégrer ces résultats et le retour d'expérience dans le processus global de suivi (amélioration itérative), et enfin de communiquer les conclusions aux différents acteurs concernés.

Les fiches techniques évoquées ci-avant fournissent des éléments de méthodes pour l'analyse des données et l'interprétation des résultats. Cette étape soulève en effet des questions majeures qui doivent être intégrées en amont dès la définition du programme de suivi (étape 2) et du choix des indicateurs (étape 3) :

- Quelle est la précision des données récoltées et peut-on apporter des conclusions pertinentes au regard des marges d'erreur ?
- Quelle est l'échelle d'impact à laquelle on va pouvoir conclure : cellule, individu, stock, population ?
- Quelle est la part d'impact due au projet au regard des fluctuations ambiantes ou d'autres pressions ponctuelles ?
- Les connaissances scientifiques actuelles et l'expertise dont on dispose permettent-elles de conclure sur l'impact (impact relatif ou réel) ?

L'analyse des données doit en effet reposer sur une bonne connaissance des processus physiques et biologiques du milieu et des différents liens de causes à effets entre les différents compartiments du milieu.

L'analyse des données doit également permettre de conclure sur l'efficacité et l'efficience du système de suivi. Elle permet de confirmer ou d'infirmer le bien fondé des plans d'échantillonnage et des mesures proposées dans le programme initial. Le choix des indicateurs relève d'un processus itératif et intégrateur, et les retours d'expériences devront être intégrés pour améliorer les protocoles, la qualité et la pertinence des données récoltées.

Les retours d'expériences seront également intégrés pour améliorer les pratiques de dragage et d'immersion elles-mêmes.

2.6 Etape n°6 : Evaluation du dispositif d'ensemble

La stratégie globale de suivi doit répondre à une progression logique de façon à en optimiser l'efficacité et les coûts. Une fois les opportunités de suivi identifiées et les objectifs bien établis, il convient de s'interroger sur la pertinence du dispositif d'ensemble et sur les possibilités éventuelles de hiérarchisation, harmonisation, intégration et synergie entre les critères de suivis retenus :

- **Hiérarchisation** : y a-t-il des suivis prioritaires tant au niveau des moyens mis en œuvre que des phasages temporels et spatiaux de réalisation des suivis ?
- **Harmonisation** : les critères et indicateurs méritent-ils d'être harmonisés au regard de suivis existants par ailleurs (suivis de surveillance des masses d'eau par exemple), ou au regard de suivis anciennement réalisés pour une meilleure valorisation des résultats ?
- **Intégration** : le suivi envisagé s'intègre-t-il ou s'articule-t-il avec un suivi déjà existant et quels en sont les conséquences opérationnelles et méthodologiques ?

De nombreux réseaux de surveillance en place sur les façades maritimes fournissent une information sur la qualité globale du milieu. Si la position des points de surveillance de ces réseaux est concordante avec les besoins du suivi des opérations de dragage et d'immersion, notamment par rapport aux échelles spatiales et temporelles, il peut être suffisant d'utiliser les données du réseau concerné. Dans le cas contraire, il peut être intéressant d'intégrer dans le programme de suivi de l'opération un ou plusieurs points complémentaires (réalisation d'un point d'état zéro supplémentaire, mise en place d'une nouvelle station d'échantillonnage, etc.), le reste du réseau assurant une information de référence à laquelle peuvent être comparés les résultats du suivi.

- **Synergies** : quelles synergies sont possibles entre les différents suivis envisagés, (interventions en mer, phasage des opérations) ?

On s'interrogera également à cette étape, sur les besoins éventuels en investigations préalables que suggèrent les suivis retenus.

2.7 Etape n°7 : Définition des moyens à engager

Cette étape vise à déterminer les moyens humains et financiers pour exécuter le programme envisagé. Rappelons que le budget nécessaire à l'engagement du suivi est à la charge exclusive du maître d'ouvrage ou du pétitionnaire.

A cette étape, l'objectif est de répondre aux trois questions suivantes : **Comment s'assurer du respect du cahier des charges du suivi ? Comment vérifier la qualité des protocoles et des analyses mises en œuvre ? Comment s'assurer de la traçabilité des résultats et de leur communication ?**

La qualité des résultats obtenus par les investigations de suivi repose en grande partie sur cette étape. Lorsque les objectifs, les indicateurs et les protocoles de suivi ont été validés par les instances de décision, le maître d'ouvrage ou le pétitionnaire doit s'assurer de :

- La maîtrise des protocoles par les bureaux d'études spécialisés dans les suivis de manière à garantir la qualité des résultats (plan assurance qualité),

- De la réactivité optimale des intervenants sur le terrain (maître d'œuvre, entreprises chargées du dragage) dans les phases opérationnelles : adaptation à une situation imprévue, transmission d'indications de suivis en temps réel, adaptation des travaux en fonction des résultats du suivi, etc.).

3 Cas spécifique des opérations d'urgence

3.1 Problématique

Certains cas de figures exceptionnels peuvent contraindre des maîtres d'ouvrage à réaliser des opérations de dragage en urgence, en dépit d'une évaluation environnementale préalable et de la mise en œuvre d'un programme de suivi. Deux situations principales peuvent être évoquées :

- Des événements imprévus et mettant en péril l'équilibre d'une infrastructure ou d'une activité maritime ou estuarienne peuvent nécessiter une intervention de dragage rapide, dont l'urgence dépend directement de la gravité du péril considéré. C'est le cas, par exemple, de l'envasement exceptionnel et de l'obstruction d'une entrée de port, d'une voie de navigation ou d'une prise d'eau nécessaire au bon fonctionnement d'une infrastructure industrielle ou énergétique.
- Des pollutions accidentelles peuvent par ailleurs rendre les matériaux impropres à l'immersion. La cadence nécessaire élevée des dragages sur certains sites et l'absence immédiate de filières d'évacuation alternatives peut contraindre à immerger ces matériaux.

3.2 L'évaluation environnementale et le suivi *a posteriori*

Au-delà des délais de réaction et de mise en œuvre extrêmement réduits, deux problématiques majeures pour ce type de situation peuvent être évoquées :

- l'absence ou l'insuffisance de données de référence ;
- l'absence ou l'insuffisance de procédures de suivi.

Dans ce type de situation, la démarche méthodologique décrite précédemment est modifiée. Toute la phase d'élaboration amont du programme en lien avec l'analyse du contexte et l'évaluation environnementale préalable du projet est à effectuer en parallèle ou *a posteriori*.

Cette absence ou cette insuffisance de données de référence et de procédures soulève nécessairement la question de la pertinence des conclusions qui pourront être tirées de la mise en œuvre d'un « suivi d'urgence ». Ce manque de données préalables devra être comblé au mieux, par une approche adaptée de la description des milieux *a posteriori* (description par extrapolation de données obtenues sur les milieux environnants et hors zone d'influence du projet par exemple).

On privilégiera, dans ce cas, une mise en œuvre rapide d'un comité de suivi ainsi que des premières investigations de terrain. Pour les structures les plus importantes, un diagnostic des risques préalables pourrait permettre d'anticiper la démarche à suivre dans ce type de situation. Ceci permettrait notamment de cerner en amont, les mesures d'accompagnement à mettre en œuvre pour limiter les impacts sur l'environnement d'une part, et d'améliorer la réactivité et la pertinence des suivis d'autre part.



3.3 Dispositions réglementaires spécifiques

L'article R. 214-44 du Code de l'environnement précise que :

« Les travaux destinés à prévenir un danger grave et présentant un caractère d'urgence peuvent être entrepris sans que soient présentées les demandes d'autorisation ou les déclarations auxquelles ils sont soumis, à condition que le préfet en soit immédiatement informé. Celui-ci détermine, en tant que de besoin, les moyens de surveillance et d'intervention en cas d'incident ou d'accident dont doit disposer le maître d'ouvrage ainsi que les mesures conservatoires nécessaires à la préservation des intérêts mentionnés à l'article L. 211-1 du code de l'environnement. Un compte rendu lui est adressé à l'issue des travaux. »

Le compte rendu motivé à produire par le maître d'ouvrage présentera l'incidence des travaux sur les éléments mentionnés à l'article L. 211-1 du code de l'environnement. Il est recommandé qu'il fasse état, notamment :

- du calendrier des différentes opérations effectuées,
- du descriptif technique précis de l'intervention justifiant de son incidence sur le libre écoulement des eaux et la protection contre les inondations,
- des modes d'intervention indiquant de quelle manière la préservation des écosystèmes aquatiques a été prise en compte.

4 Proportionnalité

On rappellera le principe de proportionnalité applicable à l'étude d'impact des projets et défini par l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement : *« Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine. »* On conçoit bien en effet que les efforts à la fois techniques et financiers portés à l'analyse des impacts d'un projet sur l'environnement doivent être adaptés aux enjeux d'environnement. Ceux-ci dépendent d'une part de l'ampleur des effets du projet et d'autre part, de la sensibilité de l'environnement à ces effets.

Les suivis constituent un outil d'analyse des impacts des projets *a posteriori* et sont, à ce titre, également soumis au principe de proportionnalité, comme le souligne l'article R. 122-14. III du code de l'environnement : « Le contenu du dispositif de suivi est proportionné à la nature et aux dimensions du projet, à l'importance de ses impacts prévus sur l'environnement ou la santé humaine ainsi qu'à la sensibilité des milieux concernés ».

Les programmes attachés aux suivis et bilans doivent donc être adaptés à l'importance du projet et de ses impacts sur l'environnement. Ils peuvent aller d'un programme simplifié pour les projets petits à moyens, sans incidence spécifique majeure, jusqu'à des dispositifs complets comportant des bilans couvrant le moyen terme pour des projets plus importants et/ou impliquant des enjeux environnementaux majeurs. Les conséquences à long terme de certains projets peuvent même être suivies dans le cadre d'un véritable observatoire de l'environnement faisant appel aux méthodes de la recherche appliquée.

⇒ On veillera donc à établir un effort de suivi proportionné aux enjeux environnementaux et socio-économiques du projet.

5 Limites et opérationnalité

Sans remettre en question l'effort investi par les maîtres d'ouvrages pour suivre correctement les impacts de leur projet sur l'environnement, il est important de tenir compte des limites à la fois scientifiques, techniques et financières qui se posent à certaines investigations en milieu marin. Qu'il s'agisse du choix des indicateurs, des méthodes de suivi ou encore de l'interprétation des résultats, plusieurs difficultés inhérentes à la particularité de ce milieu peuvent limiter l'opérationnalité et la pertinence du suivi de certains impacts.

Les sous-chapitres précédents relatifs aux indicateurs, aux méthodes et à l'interprétation des résultats, illustrent bien la difficulté d'identifier les paramètres de l'environnement à suivre pour caractériser un impact donné, et évaluer la part de responsabilité réellement imputable à l'opération de dragage et d'immersion.

Les milieux marins sont des milieux dynamiques dont les composantes sont elles aussi dynamiques. Ces milieux ouverts sont de surcroît influencés par un ensemble de perturbations anthropiques dont les effets se superposent et interagissent. Notre maîtrise de ces processus biologiques ou physico-chimiques a ses limites, tout comme notre capacité à étudier certaines interactions spécifiques.

Dans ce contexte, il faut admettre que nous ne disposons pas toujours de moyens opérationnels adaptés au suivi de certains impacts.

La question du suivi des impacts sur l'ichtyofaune en est un bon exemple. On suppose en effet que les immersions peuvent affecter les peuplements par diminution des ressources alimentaires, contamination ou encore altération d'habitats supports. Au vu de la densité moyenne des individus dans la colonne d'eau, de la variabilité des déplacements géographiques intra et interannuels de nombreuses espèces et de notre connaissance limitée sur l'origine de cette variabilité, quel indicateur et quelle méthode d'investigation peut-on cibler et quelle interprétation des résultats peut-on faire vis-à-vis des impacts évoqués ci-avant ? Si c'est bien l'objectif de ce guide de tenter de répondre à ces questions, c'en est aussi l'objectif d'en souligner les limites. En l'occurrence, la pertinence des suivis des peuplements de poissons les plus couramment préconisés dans le cadre d'activités similaires (abondance, diversité, etc.) paraît limitée pour évaluer ces impacts. Les opportunités et limites de chaque suivi sont détaillées par composante dans le chapitre 4.

Afin de nuancer ces limites et incertitudes, on soulignera que les effets majeurs des opérations de dragage et d'immersion et les impacts potentiels qui leur sont associés sont aujourd'hui bien appréhendés : essentiellement les impacts directs sur les fonds et, en moindre mesure, sur la colonne d'eau. A ce titre, les retours d'expérience d'opérations passées permettent de cibler les impacts majeurs et d'orienter les efforts de suivi vers des indicateurs intégrateurs (type benthos par exemple).

Enfin, si l'appréciation de plusieurs effets indirects reste encore trop qualitative du fait d'un manque de connaissances suffisantes, leur suivi semble relever davantage de programmes de recherche approfondis, réservés à des projets majeurs ou des démarches spécifiques, qui sortent du cadre de suivis opérationnels d'opérations courantes.

⇒ On veillera à mettre en œuvre des suivis pragmatiques et efficaces qui ciblent des résultats pertinents et interprétables. Les suivis sont des processus évolutifs qui devront tenir compte et s'adapter aux retours d'expérience du projet lui-même, de projets similaires et des efforts de recherche développés par ailleurs pour améliorer les connaissances sur des mécanismes d'impacts complexes et aujourd'hui encore mal maîtrisés.

Chapitre 3 - Gouvernance

La réussite d'une opération de dragage dépend directement de la conduite de projet, de sa conception à sa réalisation. Plusieurs étapes clés peuvent être définies, parfois variables selon qu'il s'agit d'opérations d'entretien ou d'aménagements neufs. Quel que soit le cas de figure, il paraît essentiel d'insister sur **l'importance du processus de gouvernance**.

Si le suivi constitue avant tout un outil de contrôle ayant pour objectif la préservation de l'environnement à l'échelle des projets, il constitue également un maillon d'une **stratégie plus globale** visant à conduire les opérations de dragages et d'immersion en compatibilité avec les objectifs de gestion des espaces littoraux concernés (estuaires, secteurs littoraux homogènes, masses d'eau, etc.).

Ce chapitre rappelle d'entrée les démarches de gestion et de planification qui encadrent et structurent les activités et les usages sur les espaces littoraux et estuariens. Il pose les bases d'une stratégie globale favorisant une démarche participative et fournit quelques exemples de mode de gouvernance. Ces exemples sont des illustrations qui ne doivent pas être interprétées comme des normes ni des solutions à privilégier. On rappellera en effet que l'enjeu est avant tout de retenir un mode de gouvernance adapté à la situation territoriale et opérationnelle dans laquelle s'inscrit le projet.

1 Intégrer le suivi environnemental dans une stratégie globale

1.1 Gouvernance partagée et intégration des opérations

Chaque opération de dragage et d'immersion s'inscrit dans un cadre territorial plus large, impliquant de nombreux usagers et gestionnaires aux intérêts souvent complémentaires mais aussi parfois divergents. La mise en perspective des opérations de dragage et d'immersion à l'échelle de territoires stratégiques est essentielle pour :

- Coordonner et articuler les opérations entre elles, dans le temps et dans l'espace, en assurant la cohérence de l'activité, notamment lorsque les zones d'immersion sont partagées ;
- Favoriser l'intégration individuelle et globale des opérations dans le territoire et garantir leur compatibilité avec les objectifs de gestion et de planification des différentes démarches existantes (SDAGE, DCSMM, Natura 2000, etc.).

Dans ce contexte, la mise en œuvre d'instances de pilotage mixtes (maître d'ouvrage, gestionnaires, services de l'état, associations, scientifiques, représentants d'usagers, etc.) fournit un cadre privilégié pour **réunir les acteurs du littoral autour d'un processus de réflexion partagé**. Ce cadre permet d'échanger non seulement sur les objectifs techniques et économiques des opérations, leurs impacts potentiels sur l'environnement et leur compatibilité avec les usages et les milieux, mais également sur les objectifs de suivi, et leur articulation avec les suivis existant par ailleurs.

Ces instances permettent par ailleurs d'assurer une constance dans l'effort de mise en œuvre des prescriptions des études d'impact.

En supervisant les suivis, ils peuvent évaluer leur degré de pertinence et définir les reformulations éventuellement nécessaires au regard des résultats intermédiaires obtenus.

1.2 Articulation avec les démarches de gestion / planification existantes

Les opérations de dragage et d'immersion doivent prendre en considération un certain nombre de démarches qui encadrent et structurent les activités et les usages sur les espaces littoraux et estuariens au travers de réglementations, planifications et modes de gestion spécifiques. Il peut s'agir de documents d'urbanisme (SMVM et volets littoraux des SCoT), des SDAGE et des SAGE, des réglementations et plans de gestion des aires marines protégées, du programme de mesures élaboré en 2015 découlant de la DCSMM et d'autres démarches de gestion intégrée des zones côtières⁶. Si ce chapitre ne vise pas l'exhaustivité, il évoque les articulations spécifiques des dragages et immersions et de leurs suivis avec les démarches les plus structurantes : DCE et SDAGE, DCSMM et plans de gestion, et aires marines protégées.

DCE et SDAGE

Les SDAGE sont des instruments de planification élaborés à l'échelle des grands bassins hydrographiques français, qui fixent pour chaque bassin, les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau dans l'intérêt général et dans le respect des principes de la directive cadre sur l'eau et de la loi sur l'eau. Ils définissent :

- des orientations de portée réglementaire ;
- des actions à mettre en œuvre à l'échelle du bassin et à l'échelle des masses d'eau ;
- des règles d'encadrement des activités et des autres documents de planification.

Selon l'article L. 212-1 du code de l'environnement, les programmes et les décisions administratives dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions des SDAGE. Le code de l'Environnement prévoit notamment que les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) soient compatibles avec le SDAGE. Les SDAGE peuvent également inclure des préconisations spécifiques aux aménagements portuaires et à leurs activités, ainsi qu'aux opérations de dragage. Le SDAGE Loire-Bretagne préconise, par exemple au travers des SAGE, la réalisation de plans de gestion des dragages ou des opérations de désenvasement.

La DCE imposant à tous les états membres **de maintenir ou recouvrer un bon état des milieux aquatiques d'ici à 2015**, les SDAGE fixent par ailleurs des objectifs de résultat sur des masses d'eau bien délimitées et notamment des masses d'eau côtières et de transition. A noter que les limites des masses d'eau définies par les SDAGE correspondent à des sous-ensembles biogéographiques cohérents et homogènes. Il est judicieux d'intégrer ces périmètres dans le processus de réflexion sur l'intégration des opérations de dragage et d'immersion.

⁶ La gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est une démarche et un outil de gouvernance des territoires littoraux visant un développement durable. Elle promeut une gestion intégrée de l'espace et des ressources prenant simultanément en compte les enjeux terrestres et marins, naturels, économiques et sociaux d'une zone littorale définie comme territoire cohérent de réflexion et d'action.

Les objectifs de la DCE s'accompagnent par ailleurs de la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité des eaux. A ce titre, les divers réseaux d'observation en place sur les façades maritimes enregistrent annuellement les évolutions de plusieurs indicateurs de la qualité des eaux et des milieux aquatiques.

Calés à l'échelle des masses d'eau, ils constituent des dispositifs de suivi à part entière qui peuvent être intégrés dans le programme de suivi d'opérations de dragage et d'immersion (à condition que la localisation des stations et que les indicateurs suivis fournissent une information pertinente au regard des effets des opérations).

⇒ La conception des opérations de dragage et d'immersion et des schémas stratégiques qui les encadrent éventuellement doivent être compatibles avec l'ensemble des recommandations et objectifs du SDAGE du territoire dans lequel elles s'inscrivent. Des synergies peuvent être trouvées entre les programmes de surveillance des eaux côtières et les programmes de suivi des opérations.

DCSMM et Plans d'action pour le milieu marin

La Directive Cadre « Stratégie pour le Milieu Marin » (2008/56/CE) ou DCSMM est entrée en vigueur le 15 juillet 2008 et constitue le pilier environnemental de la politique maritime de l'Union européenne. Elle demande aux États membres d'élaborer et de **mettre en œuvre des stratégies marines afin d'atteindre ou de maintenir un bon état écologique du milieu marin** au plus tard en 2020 en appliquant à la gestion de l'ensemble des activités humaines ayant un impact sur le milieu marin une approche fondée sur le développement durable et la notion d'écosystème. Il s'agit de prendre des mesures afin de protéger et préserver le milieu marin, d'éviter sa détérioration et, lorsque cela est réalisable, d'assurer la restauration des écosystèmes marins dans les zones où ils ont subi des dégradations, et de garantir la durabilité des activités en mer. La DCSMM doit notamment permettre de :

- contribuer à renforcer la cohérence entre les différentes politiques, accords et mesures législatives qui ont une incidence sur le milieu marin,
- et promouvoir et renforcer l'intégration des préoccupations environnementales dans les domaines concernés.

La DCSMM a été transposée en droit français par la loi Grenelle II, art. L.219-7 à L. 219-18 du code de l'environnement (protection et préservation du milieu marin), et complétée par le décret n°2011-492 du 5 mai 2011 relatif au Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM).

Un plan d'action sera élaboré et mis en œuvre dans les eaux métropolitaines sous souveraineté ou juridiction française des sous-régions marines Manche-Mer du Nord, Mers celtiques, Golfe de Gascogne et Méditerranée occidentale. Leur mise en œuvre inclut :

- l'évaluation initiale de l'état écologique actuel des eaux marines et de l'impact environnemental des activités humaines et l'évaluation initiale de l'utilisation des eaux marines et du coût de la dégradation du milieu marin (15 juillet 2012),
- la définition du bon état écologique (15 juillet 2012),
- la détermination des objectifs environnementaux et indicateurs associés (15 juillet 2012), et l'élaboration du programme de surveillance de l'état des eaux marines (15 juillet 2014),
- et la définition du programme de mesures (élaboration 2015, lancement 2016).



A noter que pour les 11 descripteurs du milieu marin retenus par la DCSMM, d'importants travaux de définition des indicateurs de suivi sont en cours dans l'optique de caractériser l'état initial dans un premier temps et de construire le réseau de surveillance dans un second temps.

Dans un objectif de réduction et de maîtrise des altérations des milieux d'origine anthropique, les dragages et rejets de dépôts de dragage sont ciblés par l'annexe III de la DCSMM en tant que pressions à considérer pouvant modifier l'intégrité physique et biologique du fond ou contaminer le milieu.

☞ **A l'image du SDAGE pour la qualité des eaux, la mise en œuvre de la DCSMM va conduire à structurer les activités marines dans un objectif de préservation voire de réhabilitation des milieux. Conformément au décret n° 2011-492 du 5 mai 2011 relatif au Plan d'Action pour le Milieu Marin, codifié dans les articles R. 219-2 à R. 219-17 du code de l'environnement, les objectifs environnementaux seront définis en association avec l'ensemble des acteurs concernés. Les réflexions sur les activités de dragage et d'immersion tiendront une place importante dans la définition des stratégies de gestion. Afin de garantir une interprétation cohérente de l'impact des activités de dragage et d'immersion sur les milieux, une harmonisation devra être recherchée entre les indicateurs des réseaux de surveillance et ceux des programmes de suivi des opérations.**

Aires marines protégées

Une aire marine protégée est un espace délimité en mer, sur lequel est fixé un objectif de protection de la nature à long terme. Cet objectif est rarement exclusif : il est souvent, soit associé à un objectif local de développement socio-économique, soit articulé avec une gestion durable des ressources. En général, le pilotage est confié à une instance locale dans laquelle sont représentées les différentes parties prenantes. Une aire marine protégée se caractérise également par un certain nombre de mesures de gestion mises en œuvre au profit de l'objectif de protection : suivi scientifique, programme d'actions, charte de bonne conduite, protection du domaine public maritime, réglementation, surveillance, information du public...

Ces aires marines peuvent être des réserves naturelles, des parcs nationaux, du domaine public maritime affecté au Conservatoire du littoral, des sites Natura 2000, des arrêtés de protection de biotope et des parcs naturels marins, etc.⁷

De multiples raisons peuvent conduire à mettre en place une aire marine protégée telles que :

- la protection ou la reconstitution de ressources halieutiques ;
- la protection d'espèces ou d'habitats rares et menacés et la préservation d'un ensemble d'habitats remarquables ;
- la protection de la biodiversité et la restauration de milieux dégradés ;
- la mise en place de mesures écologiques compensatoires à des activités ou installations destructrices ;
- un espace de référence scientifique.

⁷ Le code l'environnement, au travers de l'arrêté du 3 juin 2011 portant identification des catégories d'aires marines protégées entrant dans le champ de compétence de l'Agence des aires marines protégées reconnaît aujourd'hui 15 types d'aires marines protégées.



La compatibilité des opérations de dragage et d'immersion doit être évaluée en fonction du type d'AMP et de ses objectifs de conservation. Qu'elles soient réalisées à l'intérieur ou à l'extérieur de ces aires, les impacts potentiels sur leurs objectifs de conservation et les moyens de suivis mis en œuvre pour les surveiller doivent être évalués et définis avec une attention particulière.

La richesse spécifique de ces sites et le statut particulier de certaines espèces ou habitats qui s'y trouvent peuvent notamment justifier la mise en œuvre de suivis spécifiques, dès lors que des risques d'impact à fort enjeu sont envisagés. Des synergies entre les programmes de suivis scientifiques de ces aires marines et les programmes de suivi d'impact des opérations peuvent être recherchées dans certains cas de figure.

De manière générale, les gestionnaires de ces sites sont des acteurs incontournables des espaces littoraux et leur implication dans certaines phases de gouvernance des opérations de dragage et d'immersion, et plus spécifiquement des suivis de ces opérations, est préconisée.

⇒ **Les opérations de dragage et d'immersion s'inscrivent dans une organisation complexe des espaces littoraux, marquée notamment par la présence d'aires marines présentant des objectifs de préservation et de gestion des milieux naturels bien spécifiques. Les pressions qu'exercent les dragages et les immersions sur les milieux marins ou estuariens impliquent une vigilance particulière vis-à-vis de ces aires pouvant se traduire par des besoins de suivi plus poussés, à rendre cohérents avec les suivis scientifiques menés par ailleurs sur ces zones.**

1.3 Les objectifs d'une stratégie globale pour le maître d'ouvrage

Dans le domaine des dragages, particulièrement les dragages d'entretien, la stratégie globale de l'autorité portuaire ou du maître d'ouvrage repose sur la base de plusieurs objectifs essentiels :

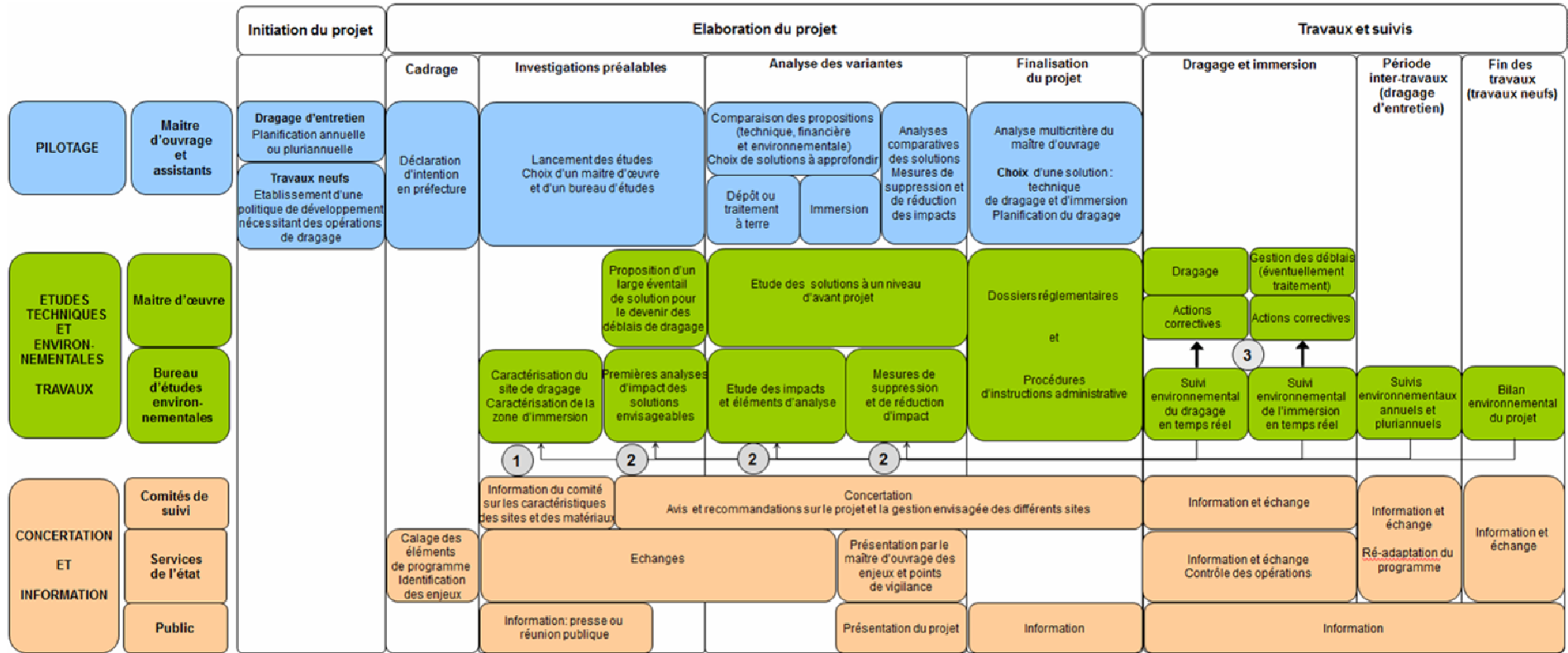
- **Avoir une vision prospective** des enjeux économiques du dragage (évolution des trafics maritimes, sécurité nautique) et de développement (schéma directeur portuaire) pouvant conditionner les volumes et fréquences des dragages ;
- **Assurer l'avenir** en réservant un ou plusieurs sites d'immersion des matériaux de dragage nécessaires et suffisants eu égard aux projets de développement portuaire et des dragages notamment d'entretien y afférents ;
- Sélectionner les techniques de dragage et les sites d'immersion en mer (ou de mise en dépôt des matériaux à terre) en visant le **meilleur équilibre entre l'optimum économique et la protection de l'environnement** ;
- Définir, dans l'ensemble du processus de dragage - extraction, transport, immersion ou dépôt -, les **meilleures pratiques de management environnemental** ;
- **Associer les usagers et la société civile** au choix d'un plan de gestion des dragages, dans un procédé participatif de gouvernance.

1.4 Exemple de démarche stratégique

La démarche méthodologique proposée à titre d'exemple, sous réserve d'adaptations, doit pouvoir s'appliquer dans plusieurs cas :

- La conception d'un nouveau programme de dragages sur plusieurs années nécessitant une première demande autorisation ;
- La continuation ou la modification d'un programme de dragage dans le cadre d'une demande de renouvellement d'autorisation.

Phase	Objectif	Intérêt
1. Elaborer le plan de gestion des dragages	Le plan de gestion détermine les volumes et fréquences des dragages, les caractéristiques des sédiments à draguer, le programme de dragage à moyen et long termes.	Le plan de gestion des dragages traduit la vision prospective des enjeux en termes économiques et de développement portuaire
2. Définir, qualifier et hiérarchiser les enjeux environnementaux	Déterminer les enjeux environnementaux compte tenu des caractéristiques de la masse d'eau et des usages qui s'y exercent.	La définition des enjeux sert de base pour définir le cahier des charges des études préalables (études d'environnement, étude d'impact, études des incidences sur les sites Natura 2000).
3. Sélectionner les techniques de dragage et les sites d'immersion compatibles avec les objectifs de la masse d'eau concernée	Prendre en compte les paramètres d'environnement à chaque prise de décision pour faire évoluer le programme de dragage vers l'opération la plus neutre pour l'environnement et les usages existants ou potentiels.	Cette phase itérative permet de débattre des éléments de comparaison pour déterminer la solution ayant le meilleur équilibre entre paramètres techniques, environnementaux et économiques.
4. Evaluer les incidences du programme de dragage retenu	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluer les effets directs et indirects, temporaires et permanents sur l'environnement, y compris les effets cumulés avec d'autres projets. ▪ Mettre en œuvre les mesures d'évitement, de réduction et éventuellement de compensation 	Contrôler la qualité environnementale du programme de dragage en vérifiant que les effets résiduels sont compatibles avec les objectifs de gestion intégrée de la masse d'eau.
5. Suivre les effets sur l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mettre en œuvre les mesures d'évitement, de réduction et de compensation ▪ Suivre les effets après l'opération (suivi / bilan <i>ex post</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tirer des enseignements pour les dragages de même type qui seront entrepris à l'avenir dans l'optique d'en réduire encore les effets.



- Place des retours de suivi par rapport aux différentes phases du projet**
- 1 Intégrer les éléments de suivi permettant de caractériser l'état de référence du milieu (opération d'entretien)
 - 2 Intégrer les éléments tirés du programme de suivi du site (opérations d'entretien) ou de programmes antérieurs sur des projets similaires (travaux neufs)
 - 3 Adaptation éventuelle des opérations par l'application d'actions correctives déclenchées par les résultats de suivi

2 Associer les acteurs du territoire à l'élaboration du plan de gestion des dragages

2.1 Favoriser une démarche participative

La démarche stratégique et opérationnelle n'a pas seulement un intérêt technique et environnemental, elle doit aussi **intégrer une démarche participative, sous le pilotage de l'Etat**. En engageant très tôt le dialogue avec l'ensemble des acteurs concernés (élus des collectivités, services de l'Etat, socioprofessionnels et usagers de la mer, associations et public), le maître d'ouvrage a la possibilité de leur expliquer la pertinence du programme qu'il soutient et de démontrer sa capacité à prendre en compte les propositions qu'ils expriment.

La démarche participative se définit comme l'engagement de la société civile dans le processus de décision d'une organisation. Les avantages de la participation du public sont pluriels :

- Faire émerger les grands enjeux environnementaux ;
- Partager l'information et débattre avec le public ;
- Participer à l'élaboration de solutions nouvelles ;
- Anticiper les conflits actuels ou à venir ;
- Aboutir à une vision partagée du programme.

La concertation est donc une étape clef pour créer une vision commune aux différents acteurs et à l'échelle de l'espace maritime ou des masses d'eau concernées.

2.2 Etapes clés de la concertation

Etape-clef n°1. Qualification et hiérarchisation de s enjeux environnementaux

Thèmes	Objectifs à atteindre
<p>Le maître d'ouvrage explique :</p> <ul style="list-style-type: none"> sa politique de développement portuaire et la stratégie « dragages » qui en découle, les options techniques (types d'engins de dragage et destination des matériaux de dragage, notamment les sites d'immersion en mer), l'historique des immersions déjà réalisées. 	<ul style="list-style-type: none"> Connaître le « jeu » des acteurs, Susciter le débat sur les alternatives (mise en dépôt des matériaux de dragage, leur réutilisation et valorisation éventuelle), Repérer les secteurs de l'espace maritime où les contraintes sont irréversibles, (zones de « zéro immersion») et les contraintes modifiables (des sites d'immersion sont envisageables).



Etape-clef n°2. Sélection d'un site d'immersion

Thèmes	Objectifs à atteindre
<p>Le maître d'ouvrage expose :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les études préliminaires (diagnostic du milieu marin et des usages qui sera intégré dans les futures études d'impact), Les techniques de dragage et les sites potentiels d'immersion, Les indicateurs de comparaison techniques, environnementaux et économiques, Les résultats issus de la comparaison multicritère. 	<ul style="list-style-type: none"> Obtenir un consensus sur une technique et sur un site d'immersion (à la demande de l'instance de gouvernance, de nouvelles comparaisons peuvent être faites en cas de blocage ou pour conforter une solution par rapport à une autre), Cadrer les observations des acteurs sur les « meilleures pratiques environnementales » à mettre en œuvre, une fois le site accepté, ceci en préparation de la phase suivante consistant à évaluer les effets du projet sur l'environnement.



Etape-clef n°3. Evaluation des effets du programme de dragage

Thèmes	Objectifs à atteindre
<p>Sur la base de l'étude d'impact de l'opération, le maître d'ouvrage explique dans l'étude d'impact :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les effets des dragages sur l'environnement et les autres activités socio-économiques, comment il entend éviter à la source ou réduire les effets négatifs de ses opérations et appliquer des « bonnes pratiques environnementales », et comment il souhaite évaluer <i>a posteriori</i> les effets de chacune des opérations et les effets cumulés du programme. 	<ul style="list-style-type: none"> Faire valider les résultats de l'évaluation des effets, Démontrer l'efficacité des mesures réductrices prises à la source pour limiter les effets dommageables, Associer l'instance de gouvernance à l'élaboration d'un programme de suivi environnemental, à sa mise en œuvre et à la diffusion ultérieure des résultats.



Etape-clef n°4. Suivre les effets sur l'environnement

Thèmes	Objectifs à atteindre
<p>Après l'enquête publique et obtention de l'arrêté préfectoral d'autorisation, le maître d'ouvrage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • élabore le contenu du suivi environnemental (nature des paramètres à suivre, stratégie d'échantillonnage et méthodes d'analyses), • organise sa mise en œuvre opérationnelle, • analyse les résultats du suivi pour dégager les tendances d'évolution du milieu, préciser l'état des connaissances et pointer les lacunes éventuelles, • définit la traçabilité des informations acquises lors du suivi, • restitue les résultats du suivi à l'instance de gouvernance, puis au public, • présente un bilan de la concertation montrant comment le programme de dragage d'entretien a été optimisé au regard des préoccupations d'environnement et comment les suggestions et recommandations des acteurs locaux ont été considérées. 	<p>Permettre à l'instance de gouvernance :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de partager le cahier des charges du programme de suivi (objectifs, moyens et méthodes, résultats attendus), • d'être informée des étapes opérationnelles du suivi, • de comprendre les résultats obtenus et d'obtenir des informations factuelles sur les effets réels de l'opération de dragage, • de rendre la démarche et le suivi transférables et reproductibles à d'autres opérations de dragage dans d'autres contextes.

2.3 Démarche générale pour impliquer les acteurs du territoire dans le suivi environnemental

La démarche générale de projet peut être adaptée à chaque situation et à chaque espace maritime. Plusieurs étapes peuvent être distinguées :

2.3.1 Organisation

- Désigner l'autorité responsable et son rôle (en application du décret d'autorisation) : Préfet du département ou son représentant,
- Définir la composition, l'organisation et les modalités de fonctionnement du comité de suivi. Celui-ci doit être suffisamment représentatif des acteurs et des institutions, des disciplines et de la zone concernée : représentant du maître d'ouvrage, des organismes socioprofessionnels (pêcheurs, professions maritimes), services de l'état (DDTM, DREAL, ARS...), associations, scientifiques.
- Enoncer la méthode de travail qui constitue le cadre d'organisation du travail en commun et des prises de décision. Elle détermine : les modalités d'examen d'un sujet ou d'une question, la diffusion de l'information, les délais de réflexion et de discussion, les modalités de prise de décision, l'explication de la décision et son accompagnement.
- Définir la traçabilité des informations acquises lors du suivi : données brutes, interprétation, validation scientifique, synthèse, mise à disposition du comité de suivi, information du public.

2.3.2 Cadrage préalable et analyse du contexte

- Mettre à disposition du comité de suivi, la synthèse commentée des connaissances à partir du dossier d'autorisation (le cas échéant, le suivi antérieur, s'il s'agit d'un renouvellement d'autorisation),
- Présenter les modalités pratiques de dragage et d'immersion (Dossier de consultation des entreprises de dragage et réponses de celles-ci notamment sur les prescriptions spécifiques à l'environnement),
- Fournir une synthèse sur les enjeux environnementaux et sanitaires.

2.3.3 Définition du protocole de suivi

- Rappeler les critères pris en compte pour définir le protocole en fonction des enjeux environnementaux et sanitaires,
- Rédiger, de manière partagée, le cahier des charges des investigations à mener dans le cadre du suivi : compartiments à échantillonner, méthodes de prélèvement et d'analyse, nombre de stations et localisation, stratégie d'échantillonnage au plan spatial et temporel,
- Définir les moyens à mettre en œuvre par le maître d'ouvrage (moyens matériels et budget du suivi, financements).

2.3.4 Réalisation du suivi

- Vérifier les objectifs du programme et de chaque tâche : organisation des campagnes de mesures et d'échantillonnage en mer, (stations, fréquence, durée), difficultés rencontrées, adaptabilité du programme en fonction des contraintes de terrain ;
- Vérifier les garanties de performance de l'opérateur chargé du suivi opérationnel (plan assurance qualité, garantie que les experts proposés interviennent réellement sur l'opération, etc.).

2.3.5 Analyse des données et évaluation

- Veiller à ce que les résultats du suivi soient présentés selon une approche systémique pour dégager les tendances d'évolution du milieu, préciser l'état des connaissances et pointer les lacunes éventuelles ;
- Synthétiser les résultats obtenus en mettant en évidence les évolutions possibles sur les différentes années d'observation ;
- Confirmer ou infirmer le bien fondé des plans d'échantillonnage et des mesures proposés dans le programme initial ;
- Optimiser le suivi ultérieur en fonction de ces résultats ;
- Faire le point, à partir des observations de terrain, sur l'amélioration des connaissances acquises sur l'influence des immersions sur le milieu marin ;
- et en tirer les « retours d'expérience » afin d'améliorer, dans le futur, les pratiques des dragages et des immersions.

3 Exemples de mode de gouvernance des suivis environnementaux

Les quelques exemples suivants font état de la diversité des modes de gouvernance existants pour les suivis environnementaux d'opérations de dragage et d'immersion. Ils illustrent notamment le fait que **ces modes de gouvernance doivent être adaptés aux contextes territoriaux et opérationnels spécifiques dans lesquels s'inscrivent ces opérations** : dragage et immersion de petits volumes épars ou occasionnels, dragage et immersion réguliers de volumes importants sur des surfaces conséquentes, etc. Il s'agit avant tout de privilégier la mise en place d'une structure efficace et réactive, capable de faire vivre le suivi à la hauteur des enjeux du projet.

3.1 Exemple de gouvernance pour des ports petits à moyens

Sont désignés ici par ports petits à moyens les ports autres que les grands ports maritimes.

Pour l'ensemble de ces ports, la structure de gouvernance des suivis environnementaux des opérations de dragage la plus simple et la plus répandue est bipartite et regroupe le maître d'ouvrage et les services de la police de l'eau. Les modalités de suivi sont définies préalablement à l'instruction administrative du dossier entre le maître d'ouvrage et la police de l'eau, avec l'appui technique d'un bureau d'études, puis sont prescrites par l'arrêté préfectoral d'autorisation de travaux. Les résultats de ces suivis sont conservés par le maître d'ouvrage dans un cahier de suivi des opérations et font l'objet d'un rapport de synthèse le plus souvent annuel, transmis aux services de la police de l'eau pour vérification.

Dans le cas d'opérations plus régulières ou plus conséquentes et susceptibles d'impacter certains usages maritimes (tels que les activités de pêche et d'élevages marins), des formes de gouvernance réunissant d'avantage d'acteurs autour du processus de réflexion peuvent être mises en place.

L'avantage de comités plus larges peut être d'améliorer la cohérence globale des opérations à l'échelle du territoire lorsqu'elles y sont structurantes, notamment par le biais des différents regards et retours d'expérience, ou encore d'accompagner et de soulager les choix de la police de l'eau en matière de suivi.

L'exemple du Comité Local de Suivi des opérations de dragage des ports de Boulogne-sur-Mer et de Calais illustre ce type de démarche (voir encadré ci-dessous).

Cas des ports de Boulogne-sur-Mer et de Calais

Dans un souci de communication et de transparence des opérations de dragage et d'immersion, un **Comité Local de Suivi des Dragages** des ports de Calais et de Boulogne sur Mer a été mis en place depuis 2007.

Ce comité regroupe :

- des administrations (DREAL, DDTM, Agence de l'eau Artois Picardie, DASS) ;
- des instances locales (CCI de la Côte d'Opale, la Commission Locale de l'Eau du Bassin côtier du Boulonnais) ;
- des scientifiques (IFREMER, Université de la Côte d'Opale, Université de Lille) ;
- des représentants des pêcheurs, des usagers de la mer et des associations (Comité local des pêches maritimes⁸, représentants des pêcheurs de Calais, Section régionale de la Conchyliculture).

Le bilan annuel des dragages, des immersions et des suivis est présenté à ce comité :

- les études préalables avec les analyses des sédiments ;
- le suivi des chantiers avec leur localisation, les dragues utilisées par chantier, le nombre de chargements, les volumes ;
- les suivis environnementaux avec les points de clapage et le suivi biosédimentaire des zones de clapage.

Au-delà du bilan dressé dans ce cadre, ce comité permet à chacun de s'exprimer et d'émettre des avis sur les opérations de dragage et leur gestion.

⁸ Suite à la Loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche du 27 juillet 2010, les différents échelons de l'organisation professionnelle des pêches maritimes et des élevages marins sont désormais départementaux/interdépartementaux, régionaux et national.

3.2 Cas spécifiques des schémas départementaux de dragage

Aujourd'hui en France, deux départements ont adopté des schémas de gestion de dragage pour mutualiser l'organisation de l'activité pour l'ensemble des ports de leur territoire : le Finistère et le Morbihan. Ces schémas illustrent deux modes de gouvernance similaire dans un contexte englobant différentes formes de travaux et à des échelles portuaires variées. Le mode de gouvernance des suivis prévu dans le cadre du schéma départemental des dragages du Morbihan est présenté ici à titre d'exemple.

Schéma de Référence des Dragages du Morbihan

Face aux situations de conflit générées par les opérations de dragage en cours, le préfet du Morbihan a souhaité impliquer tous les acteurs concernés par ce thème avec les objectifs suivants :

- Susciter l'expression et le débat autour des inquiétudes, des attentes et des impératifs de chacun ;
- Partager une connaissance objective sur des sujets parfois déformés par la polémique et évoquer clairement les enjeux qui s'y attachent ;
- Rechercher les points de convergence sur l'amélioration des processus techniques et administratifs, allant au-delà, s'il le faut, des exigences réglementaires ;
- Mettre en place les modes de gouvernance assurant la transparence et l'association de tous à l'élaboration des projets et au suivi des démarches de dragage

Le préfet du Morbihan a mis en place une instance d'élaboration associant les maîtres d'ouvrage et opérateurs portuaires, les professionnels de la mer, les élus des collectivités, les associations d'usagers ou de protection de l'environnement et les services de l'Etat compétents. Cette instance a créé trois groupes de travail :

- Un groupe de travail relatif aux enjeux maritimes, chargé d'effectuer des propositions pour améliorer la connaissance des sédiments, de leurs impacts sur les milieux et de préciser les conditions de mise en œuvre des clapages ;
- Un groupe de travail chargé de rechercher les solutions potentielles de dépôt à terre des sédiments ;
- Un groupe de travail chargé de rappeler les règles de l'art, les procédures réglementaires et de faire des propositions en matière de conduite de projet et de suivi.

Ces trois groupes de travail composés de représentants d'associations, de maîtres d'ouvrage et opérateurs portuaires, de professionnels et de services de l'État et étaient animés par la DDTM du Morbihan (mission développement durable des territoires).

La gouvernance du Schéma est organisée sur la base d'une instance départementale et de deux comités locaux de suivi, auxquels vient s'ajouter un collège des maîtres d'ouvrage mis en place dans le cadre de la planification des opérations de dragage (cf. encadré suivant).

➤ L'instance départementale de suivi des opérations de dragage

Elle constitue la pérennisation de l'instance de pilotage mise en place à l'occasion de l'élaboration du présent schéma de référence des dragages.

Composition

Présidée par le préfet, elle comprend les services de l'État (sous-préfet de Lorient, préfecture maritime, DDTM, DREAL, ARS, DDPP, MISE, CETMEF), les établissements publics (IFREMER, Conservatoire du Littoral), les collectivités territoriales (Conseil régional, Conseil général, Associations des Maires et Présidents d'EPCI du Morbihan, Cap l'Orient, ainsi que des maires de communes portuaires), les professionnels (Comités régionaux des pêches maritimes et des élevages marins, section régionale conchylicole, chambre d'agriculture), des associations à vocation au minimum départementale, de plaisanciers (FNPPSF, UNAN) ou de protection de l'environnement (associations agréées de protection de l'Environnement, Eau et Rivières de Bretagne, Bretagne vivante).

Rôle

Elle est chargée de faire vivre et évoluer le schéma de référence et donc de la veille dans le domaine des dragages et de la doctrine en Morbihan mais aussi de la complémentarité avec le niveau régional et de la coordination des deux comités locaux de suivi des dragages décrits ci-après.

➤ Les comités de suivi sur le devenir des produits de dragage

Les comités de suivi sur le devenir des produits de dragage des ports ont été mis en place en 2005 en ce qui concerne celui de la rade de Lorient et 2009 pour les ports de l'Est-Morbihan (d'Étel à Pénestin).

Composition

Ils sont coprésidés par le préfet et le président du Conseil Régional de Bretagne (Rade de Lorient) ou par le préfet et le président du Conseil Général du Morbihan (Est-Morbihan). Ils sont composés d'élus, maires de communes portuaires ou littorales, d'associations de protection de l'environnement ou de plaisanciers à vocation départementale ou locale, de professionnels de la mer, de la SRC et de comités régionaux des pêches, de représentants des administrations, d'usagers et de concessionnaires.

Rôle

Ces comités de suivi sont des lieux d'information et d'échange sur :

- les projets de dragage concernant les ports de leur secteur ;
- les sites d'immersion ou le devenir des sédiments extraits.

Ils sont tenus informés des résultats du suivi des immersions des produits de dragage.

Ils peuvent émettre des avis, des vœux ou des recommandations sur la programmation des dragages, les projets qui leur sont présentés et sur la gestion des sites d'immersion.

Ils contribuent à la réflexion sur la gestion, l'élimination et la valorisation des sédiments dragués dans leur zone géographique de compétence.

Les maîtres d'ouvrage leur présentent leurs projets en détaillant notamment la nature des matériaux, les raisons du choix de la solution retenue, le calendrier des opérations et les mesures de suivi qui seront mises en œuvre.

➤ Le collège des maîtres d'ouvrage

Mis en place dans le cadre de la planification des opérations de dragage, le collège des maîtres d'ouvrage est l'outil des opérateurs portuaires pour organiser collectivement leurs opérations et en arrêter la planification, confronter leurs façons de faire, faciliter la mise en place des mutualisations possibles et formuler une offre pluriannuelle de matériaux valorisables.

3.3 Exemple de gouvernance pour des travaux sur des Grands Ports Maritimes

3.3.1 Travaux d'entretien sur un port estuarien : cas du port de Bordeaux

L'arrêté préfectoral n°05-0827 du 06 mars 2006 autorise le Grand Port Maritime de Bordeaux à procéder au dragage d'entretien du chenal et des ouvrages portuaires du port et aux immersions associées. Il impose un suivi environnemental de ces, et institue un comité de suivi et une commission d'information dont la composition et les fonctions sont données ci-après.

Article 7 / Comité de suivi et commission d'information

Un comité de suivi et une commission locale d'information sont mis en place.

1. Comité de suivi :

Afin d'assurer un suivi des études réalisées et des mesures prises par le concessionnaire, il est créé un comité de suivi des opérations de dragage de l'estuaire présidé par le Préfet de la Gironde ou son représentant. Ce comité se réunira une fois par an. Il est composé des membres suivants :

- le Préfet de la Charente-Maritime ou ses représentants,
- la Direction Départementale de l'Équipement de la Gironde,
- la Direction Départementale de l'Agriculture de la Forêt de la Gironde,
- la Direction Départementale des Affaires Maritimes de la Gironde,
- la Direction Régionale de l'Environnement.

Le concessionnaire est présent en tant que rapporteur. Seront présentés par le concessionnaire lors de ce comité les programmes de travaux de dragage (d'entretien et d'approfondissement) et d'immersion associée, le détail des programmes de surveillance, l'état d'avancement de leur mise en œuvre, les enseignements obtenus.

Le concessionnaire transmettra 1 mois avant la date du comité un rapport répondant aux sujets fixés à l'ordre du jour envisagé. Des réunions supplémentaires du comité pourront être organisées en tant que de besoin. Sur proposition de ses membres, le comité pourra s'adjoindre les experts qui s'avèreraient utiles (notamment le BRGM, le CEMAGREF⁹, l'Université de Bordeaux et l'IFREMER). La première réunion du comité de suivi se tiendra dans les six mois après notification du présent arrêté.

2. Commission d'information :

La commission d'information est présidée par le Préfet de la Gironde ou son représentant et se réunit une fois par an. Cette commission est composée notamment des membres suivants :

- le Préfet de la Charente-Maritime ou ses représentants,
- les représentants des principales collectivités locales concernées par l'opération,
- les présidents des Commissions Locales de l'Eau, ou leurs représentants,
- la Direction Départementale de l'Équipement de la Gironde,
- la Direction Départementale de l'Agriculture de la Forêt de la Gironde,
- la Direction Départementale des Affaires Maritimes de la Gironde,
- la Direction Régionale de l'Environnement de la région Aquitaine,
- la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement,
- l'IFREMER,
- le Conseil Supérieur de la Pêche¹⁰,
- des représentants des associations de protection de l'environnement,
- un représentant du comité local des pêches maritimes et des élevages marins¹¹.

Le concessionnaire est présent en tant que rapporteur. La commission d'information est tenue informée des mesures de surveillance. Elle participe à toute action d'information et de communication qu'elle juge utile.

Extrait de l'arrêté préfectoral n°05-0827 du 06 mars 2006 autorisant le Grand Port Maritime de Bordeaux à procéder au dragage d'entretien du chenal et des ouvrages portuaires du port et aux immersions associées.

A noter que cette structure de gouvernance en deux pôles (comité de suivi et commission d'information) est appliquée à d'autres Grands Ports Maritimes tels que celui de Nantes Saint-Nazaire.

⁹ Aujourd'hui IRSTEA

¹⁰ Remplacé depuis 2006 par l'ONEMA

¹¹ Suite à la Loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche du 27 juillet 2010, les différents échelons de l'organisation professionnelle des pêches maritimes et des élevages marins sont désormais départementaux/interdépartementaux, régionaux et national.

3.3.2 Travaux neufs : cas du port de Marseille Fos

L'arrêté préfectoral du 6 janvier 2005 autorise le Port Autonome de Marseille à procéder à la construction du poste n°5 sur le terminal pétrolier de Fos-sur-Mer et aux dragages et rejets y afférents. Il impose un suivi environnemental de ces opérations dont le contenu est décrit dans l'article 5 et institue un comité de suivi dont la composition est donnée dans l'article 8 (voir encadré).

Article 8 / Comité de suivi

Il sera créé un comité de suivi des opérations et de leurs incidences sur le milieu. Ce comité se réunira au moins, avant et après les travaux. Il sera présidé par le Sous-préfet d'Istres et comprendra, outre le titulaire (Port Autonome de Marseille),

- La Direction Régionale des Affaires maritimes, Direction départementale des Affaires Maritimes,
- Le Service Maritime des Bouches du Rhône,
- La prud'homie de pêche de Martigues,
- Le Comité Local des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Martigues,
- IFREMER,
- Le Centre d'océanologie de Marseille,
- Les mairies de Port Saint-Louis du Rhône et Fos-sur-mer,
- Un représentant des associations de protection de l'environnement.

Seront présentés à ce comité, les programmes des travaux de dragage et d'immersion, les travaux de réalisation de l'appontement, leurs modalités techniques de réalisation et d'exploitation. Des réunions supplémentaires pourront être organisées en tant que de besoin. Sur proposition de ses membres, le comité pourra s'adjoindre les experts qui s'avèreraient utiles.

Extrait de l'arrêté du 6 janvier 2005 autorisant le Port Autonome de Marseille à procéder à la construction du poste pétrolier n°5 sur le terminal pétrolier de Fos-sur-Mer et aux dragages et rejets y afférents.

Chapitre 4 - Suivis : opportunités et méthodes

Face aux différents enjeux environnementaux et socio-économiques soulevés par les opérations de dragage et d'immersion, ce chapitre propose **une réflexion sur l'opportunité de suivre chaque composante de l'environnement** (au sens large). Cette réflexion repose sur l'évaluation de l'intérêt d'un suivi au regard des critères méthodologiques présentés dans le chapitre 2 :

- Sensibilité des composantes et enjeux d'impact ;
- Objectifs de suivi ;
- Indicateurs de suivi existants et limites techniques d'observation ;
- Interprétabilité des résultats.

Des exemples nationaux ou internationaux illustrent ces différentes réflexions. **L'annexe technique n° 4 « Fiches méthodologiques »** vient en appui de ce chapitre et présente pour chaque composante, une ou plusieurs fiches techniques déclinant les protocoles les plus pertinents et les plus couramment mis en œuvre, selon le plan suivant :

- Les objectifs de suivi ;
- La réglementation existante (et l'évolution attendue si disponible) ;
- Les paramètres à mesurer ;
- La stratégie d'échantillonnage ;
- Les méthodes de prélèvement ou d'acquisition de données ;
- Les méthodes d'analyse ;
- Les méthodes d'interprétation des résultats ;
- Une estimation des budgets de mise en œuvre.

Les composantes de l'environnement traitées sont les suivantes

↻ Milieu physique

- Nature des fonds et des berges
- Conditions hydro-sédimentaires

↻ Qualité des milieux

- Qualité des sédiments
- Qualité de l'eau

↻ Espaces et activités

- Habitats d'intérêt communautaire
- Zones de pêche et de cultures marines
- Autres usages et activités

↻ Milieu biologique

- Organismes planctoniques
- Organismes benthiques
- Flore aquatique
- Algues
- Bio-indicateurs
- Flore rivulaire
- Ichtyofaune
- Avifaune
- Mammifères marins

1 Milieu physique

Composantes

- Nature des fonds
 - Bathymétrie,
 - Topographie et morpho-sédimentologie,
- Hydrodynamisme et sédimentologie
 - Courantologie,
 - Dynamique sédimentaire.

Principaux facteurs de sensibilité

- **Dragages**
 - Unité géographique de l'opération (enceinte portuaire, estuaire, lagune, frange littorale)
 - Typologie de travaux (neuf ou entretien)
 - Volume de matériaux prélevés
- **Immersion**
 - Caractéristiques des matériaux immergés,
 - Caractéristiques des matériaux en place,
 - Unité géographique du site d'immersion (estuaire, lagune ou étang, frange littorale),
 - Technique de dépôt et typologie de travaux (premiers dépôts ou dépôts récurrents),
 - Conditions hydro-sédimentaires et stabilité sédimentaire de la zone de dépôt,
 - Volume de matériaux immergés.

1.1 Nature des fonds

1.1.1 Opportunités de suivi

➤ Les levés **bathymétriques** sont systématiquement réalisés avec comme premier but, des objectifs de gestion technique :

- **Sur les sites de dragage** pour évaluer si les objectifs de profondeur sont atteints.

Pour les dragages d'entretien par exemple, le suivi permet au travers de la constitution d'une base de données, de mieux appréhender la dynamique sédimentaire dans les chenaux de navigation ou dans les espaces portuaires. Une programmation optimale des opérations de dragage dans le temps est alors possible, en fonction des contraintes techniques et économiques associées à ces opérations mais également en fonction des contraintes environnementales ; les opérations peuvent éventuellement être prévues dans des « fenêtres » de moindre impact.

- **Sur les sites d'immersion**, pour vérifier que les dépôts ont bien été effectués sur les périmètres prévus à cet effet. En vérifiant l'épaisseur des dépôts des opérations précédentes, ces suivis permettent également de répartir les dépôts des immersions ultérieures en conséquence, de manière homogène sur le périmètre d'immersion dédié.

Ces suivis, réalisés « en routine » bénéficient de ce fait de nombreux retours d'expérience qui ont permis d'en maîtriser les techniques et les limites. Ces levés techniques ne peuvent néanmoins pas être assimilés à des suivis environnementaux à proprement parler.

Les suivis bathymétriques visant un objectif environnemental sont essentiellement mis en œuvre sur les sites d'immersion. Ils permettent de caractériser le devenir des matériaux une fois relargués dans le milieu marin. L'analyse des évolutions bathymétriques permet de juger du déplacement des masses sédimentaires immergées, dans le temps et dans l'espace. En fonction des caractéristiques hydro-sédimentaires locales, les variations de bathymétrie constatées d'une campagne d'investigation à une autre peuvent indiquer une dispersion ou une accumulation des matériaux immergés sur le site.

Si de tels levés sont systématiquement préconisés dans les programmes de suivi, une limite d'interprétation des résultats mérite d'être soulignée : lorsque la marge d'erreur associée aux levés est supérieure à l'épaisseur attendue de dépôt (ou à la variation d'épaisseur d'une campagne de suivi à l'autre), aucune conclusion pertinente sur l'évolution des fonds ne peut être apportée par cette méthode de suivi. Cette limite doit notamment être prise en compte pour les dépôts profonds et / où de faible épaisseur (voir fiche technique « Bathymétrie »).

➤ Le suivi **morpho-sédimentaire**, moins couramment appliqué, permet de déterminer les différents faciès des fonds marins et d'obtenir une image précise des altérations morphologiques engendrées par le projet. Elle s'accompagne généralement de prélèvements sédimentaires pour affiner la connaissance de la nature des faciès identifiés. Moins couramment réalisés, ils constituent néanmoins un complément intéressant aux levés bathymétriques pour l'analyse de l'évolution des dépôts et des impacts sur la géomorphologie des fonds.

➤ Le suivi de la **qualité physico-chimique des matériaux constitutifs des fonds** fait bien sûr partie intégrante de la caractérisation de la nature des fonds. Ce type de suivi est présenté dans le sous-chapitre suivant (Qualité des milieux).

➤ Le suivi de la nature des fonds est ainsi systématiquement préconisé dans le cadre de projets de dragage et d’immersion, au minimum sur les sites d’immersion. Il s’accompagne le plus souvent d’un suivi de la qualité des sédiments et des communautés benthiques (voir ci-après)

1.1.2 Exemples

➤ Suivi du site de dépôt du Kannik à Rouen

Le site d’immersion du Kannik situé dans l’estuaire de la Seine, accueille la majorité des déblais de dragage du port de Rouen depuis 1977. La bathymétrie du site est suivie depuis 1986. Pour la période 2004 – 2009, le volume moyen annuel clapé sur le site d’immersion est de 4,3 Mm³. L’objectif du suivi bathymétrique tel que défini par le protocole validé par le comité de suivi est de contrôler la répartition des dépôts et leur évolution morphologique.

L’analyse des évolutions bathymétriques entre 2004 et 2009 a permis de délimiter des zones d’influence du dépôt (surface ayant subi un dépôt de sédiments d’épaisseur supérieure à 0,25 m en liaison directe ou indirecte avec les clapages au Kannik). Cette analyse des évolutions annuelles a conduit à définir une zone d’influence morphologique annuelle (pointillés bleus), une zone d’influence morphologique étendue sur la période (pointillés rose) incluant deux zones de plus faible influence au sud et à l’ouest, une zone clairement liée à l’impact des travaux de construction de Port 2000 et une zone d’impact mixte (Port 2000 et clapages au Kannik).

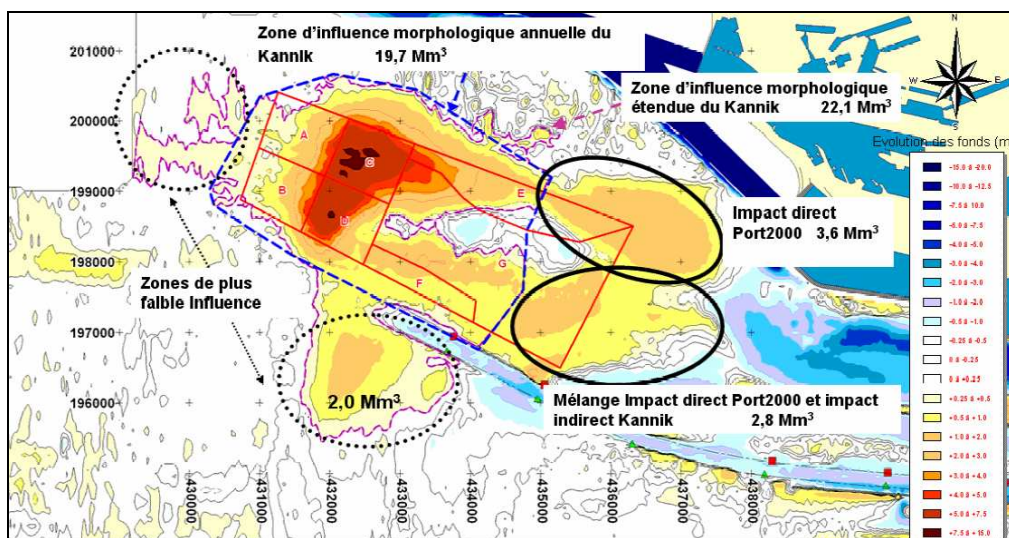


Figure 8 : Zones d'influence des dépôts du Kannik dans l'estuaire de la Seine (Grand Port Maritime de Rouen)

L’analyse de la bathymétrie réalisée depuis 1986 a également permis de définir que l’isobathe - 13 m CMH, qui correspond à l’isobathe la plus profonde ayant subi une évolution, a avancé d’environ 800 m, signifiant que le bas du talus du Kannik avance d’environ 35 m par an depuis 1986. La surface et le volume de la zone d’évolution du Kannik varient de façon homogène (plus les volumes d’impact sont importants, plus la surface d’impact est importante).

Le suivi global fournit ainsi une information sur l'évolution sédimentaire du site. Le taux de stabilité du site est de l'ordre de 60 % ce qui signifie qu'environ 40 % des sédiments clapés sont redistribués dans le fond turbide de l'estuaire sous l'action de la houle et des courants. La stabilité des dépôts varie avec la cote initiale de clapage, les dépôts les plus profonds présentant une meilleure stabilité de la fraction fine du fait de leur moindre exposition à l'agitation.

(Synthèse des suivis 2004-2009 – Demande de renouvellement d'autorisation de dragage et d'immersion – Grand Port Maritime de Rouen – 2009 / Dossier d'enquête publique : Projet d'amélioration des accès maritimes du port de Rouen EGIS eau et SOGREAH)

➤ Suivi morpho-sédimentaire du site d'immersion des déblais de dragage du port de la Trinité-sur-Mer

Dans le cadre du suivi de la zone d'immersion des déblais de dragage du port de la Trinité-sur-Mer, des levés morpho-sédimentaires par sonar latéral sont réalisés en complément des levés morpho-bathymétriques afin d'apporter une information complémentaire sur l'évolution des monticules de dépôt et le degré de dispersivité de la zone. Si la cartographie morpho-bathymétrique met en évidence la géomorphologie des fonds et fait ainsi apparaître la localisation des reliefs pouvant correspondre aux dépôts, la cartographie morpho-sédimentaire précise la nature du faciès sédimentaire de ces reliefs (dans le cas des fonds essentiellement vaseux).

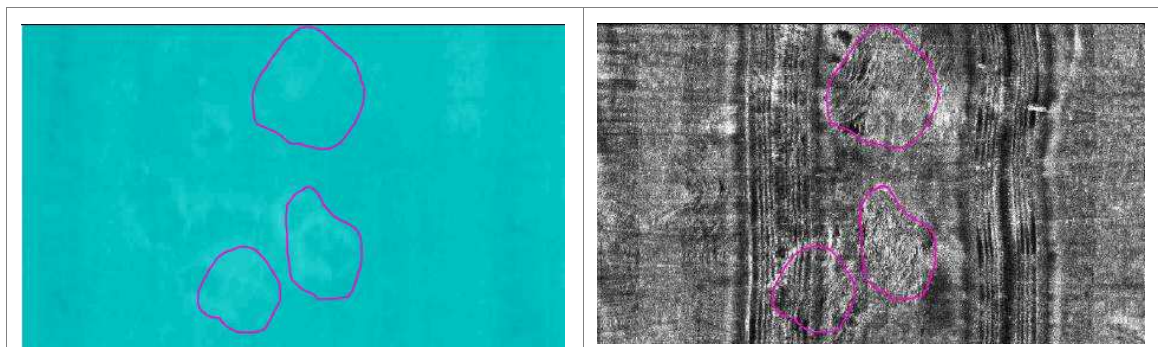


Figure 9 : Mise en évidence des dépôts de clapage sur la carte bathymétrique et sur la mosaïque sonar (Source : IN VIVO 2010)

1.1.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi bathymétriques et géomorphologiques sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » :

- Suivis de la bathymétrie : [fiche méthodologique n°1A](#) ;
- Suivis de la morpho-sédimentologie : [fiche méthodologique n°1B](#) .

1.2 Conditions hydrodynamiques et sédimentaires

1.2.1 Opportunités du suivi

Dans une logique de suivi environnemental d'opérations de dragage et d'immersion, le suivi des conditions hydrodynamiques et sédimentaires s'applique essentiellement à la connaissance des flux de matériaux immergés ou remis en suspension, ainsi qu'à la surveillance d'effets indirects pouvant par exemple s'exercer sur la tenue des berges (en estuaire) ou du trait de côte (en mer). Les conditions hydro-sédimentaires peuvent ainsi être décrites au travers de plusieurs critères :

- la courantologie ou les houles ;
- la dynamique d'érosion ou d'engraissement des fonds, des berges ou du trait de côte ;
- la dispersion des matières en suspension.

➤ Les suivis **hydrodynamiques** (courants, houles, lignes d'eau) peuvent s'inscrire dans une action de court à moyen à terme sur des projets à fort enjeu pour vérifier que les opérations de dragage et d'immersion ne perturbent pas ces composantes de l'environnement et ne modifient ainsi pas indirectement les risques d'érosion ou encore la fonctionnalité de certains habitats côtiers ou estuariens, directement associés à l'hydrodynamisme.

Ces suivis restent cependant quasi inexistantes du fait de l'enjeu relativement limité que représentent les dragages et immersions vis-à-vis de ces composantes ou des limites dans l'interprétation qui pourrait être faite des résultats de tels suivis.

- Pour les dragages d'entretien par exemple, le maintien des sections sur les différents seuils et passes des chenaux ainsi qu'au droit des ouvrages portuaires est recherchée de sorte que les opérations de dragage ne modifient pas le régime hydraulique.
- Pour la création de nouveaux aménagements, des modélisations courantologiques, d'écoulement ou d'agitation permettent généralement d'appréhender correctement les incidences hydrodynamiques à prévoir de telles opérations, à condition de disposer de données locales suffisamment précises.

On notera que les seuls suivis hydrodynamiques identifiés à ce jour pour ce type d'opérations sont des suivis effectués en milieu estuarien, notamment dans le cadre de travaux neufs et dans des contextes où les impacts sur les lignes d'eau présentent de forts enjeux potentiels.

➤ Le suivi des **processus sédimentaires** a trait au suivi de l'évolution :

- des fonds dragués ou faisant l'objet d'immersion en lien avec les perturbations hydro-morphologiques d'une part, et des espèces et des habitats marins et estuariens qui leurs sont associés, d'autre part ;
- des particules remises en suspension et de leur dispersion.

Le suivi de l'évolution de la bathymétrie permet, comme illustré précédemment, de contrôler les processus d'accumulation ou de dispersion sédimentaire sur les sites de dragage comme sur les sites d'immersion.

Le suivi de la dispersion des particules se fait dans le cadre du suivi de la qualité des eaux. Ce point est abordé dans le sous-chapitre relatif à la qualité des eaux (voir ci-après).

On notera que des suivis innovants sont aujourd'hui expérimentés pour évaluer les impacts sur les processus hydro-sédimentaires : cinétique de dispersion du panache turbide, sédimentation des particules remises en suspension, dynamique de remise en suspension des matériaux clapés et courants de densité qui se créent sur les fonds au moment du dépôt. Ces démarches à caractère de recherche sur des dragages à fort volume (Ports de Rouen et de Nantes Saint-Nazaire par exemple) ne peuvent néanmoins pas être considérées comme des suivis opérationnels à préconiser dans le cadre de ce guide.

➔ **L'évaluation des processus sédimentaires sur les sites de dragage ou d'immersion peut être réalisée à partir des suivis de la nature des fonds. L'opportunité de suivre les matières sédimentaires remises en suspension dépend directement du risque d'impact sur des habitats ou des usages sensibles localisés à proximité (voir qualité des eaux). Le suivi des conditions hydrodynamiques (courantologie, houle) ou de processus sédimentaires plus larges (érosion, engraissement de berges ou du trait de côte) ne peut être préconisé que dans des cas très spécifiques pour lesquels les enjeux justifient d'une surveillance de terrain au vu de modélisations préalables (travaux et aménagements neufs).**

1.2.2 Exemples

➔ Suivi de l'évolution des dépôts sédimentaires sur le site du Lavardin

Le site du Lavardin est le site d'immersion préférentiel des trois opérateurs rochelais : port de pêche, régie des ports de plaisance, port de commerce. Entre 1998 et 2007, le port de commerce a immergé 1 961 000 m³. En 2006 et 2007, la Régie des ports de plaisance de La Rochelle et le port de commerce ont respectivement immergé un total de 252 000 m³ et 278 000 m³.

L'historique du site et les suivis bathymétriques réguliers soulignent le caractère dispersif important du site. L'analyse des relevés bathymétrique met en évidence la présence de trois zones distinctes présentant un léger exhaussement (quelques centimètres). Les fonds marins du secteur d'immersion ne montrent pas d'engraissement significatif. Les suivis confirment bien qu'une grande majorité des matériaux immergés sont transportés et évacués par les courants. L'effet d'ordre bathymétrique est à terme modeste, voire négligeable.

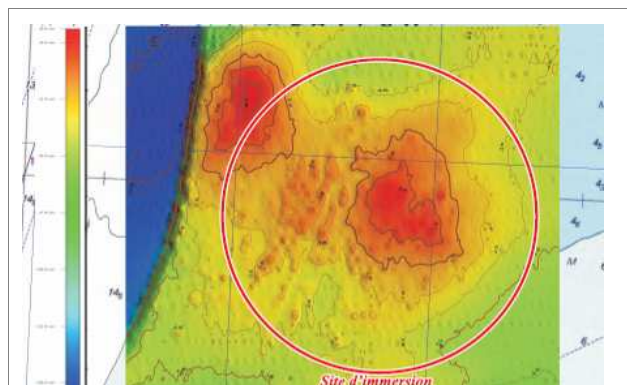


Figure 10: Bathymétrie de la zone d'immersion du Lavardin

(Source : CREOCEAN 2007)

1.2.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi courantologiques et sédimentaires sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » :

- Suivis de la courantologie : [fiche méthodologique n°2A](#) ;
- Suivis de la dynamique sédimentaire : [fiche méthodologique n°2B](#).

2 Qualité physico-chimique et microbiologique des milieux

Composantes

↻ **Qualité des sédiments**

- Caractéristiques physico-chimiques,
- Teneurs en contaminants,
- Macro-déchets

↻ **Qualité des eaux**

- Matières en suspension,
- Teneurs en contaminants.

Principaux facteurs de sensibilité

↻ **Dragages**

- Technique de dragage (risque de dispersion de MES, équilibres physico-chimiques ou bactériologiques particuliers),
- Conditions hydro-sédimentaires (risque de dispersion de MES),
- Caractéristiques des matériaux prélevés et remis en suspension,
- Caractéristiques ambiantes des eaux et des sédiments.

↻ **Immersion**

- Caractéristiques des matériaux immergés,
- Caractéristiques des matériaux en place,
- Qualité ambiante des eaux,
- Conditions océanographiques et dispersivité de la zone.
- Technique d'immersion,
- Volume de matériaux immergés,
- Unité géographique de l'opération (estuaire, lagune ou bassin, frange littorale)

2.1 Qualité des sédiments

2.1.1 Opportunités du suivi

Le suivi de la qualité des sédiments concerne, pour partie la zone draguée et principalement la zone qui reçoit les matériaux dans le cas d'immersions.

➤ Sur les **zones de dragage**, le suivi de la qualité des sédiments concerne la connaissance, avant dragage, de la qualité des matériaux à extraire, pour évaluer l'innocuité de ces matériaux vis-à-vis du milieu récepteur dans le cas d'immersion et par voie de conséquence pour positionner le projet au regard du Code de l'Environnement et des incidences que peut avoir le projet sur l'environnement et la santé. Dans le cas d'opérations neuves ou à caractère « exceptionnel », cette connaissance revêt d'avantage d'une analyse de l'état initial que d'un suivi. Dans le cadre d'opérations plus fréquentes telles que les dragages d'entretien, la caractérisation « en continu » de la qualité des matériaux prend alors la forme d'un suivi. Le suivi concerne dans ce cas essentiellement les sédiments de surface qui se déposent entre deux campagnes de dragage.

Le suivi régulier et à long terme permet d'avoir une appréhension globale et homogène des contaminations autant sur le plan de la connaissance du milieu que sur les conséquences des aménagements et des activités qui en découlent. Si la mise en œuvre d'analyses spécifiques est nécessaire dans le cadre des travaux de dragage, certains réseaux de surveillance de la qualité des milieux accompagnent cette démarche de connaissance à une échelle plus ou moins fine. C'est le cas du réseau REPOM en milieu portuaire (*voir encadré suivant*).

Le réseau REPOM

La circulaire du 7 mars 1997 du Ministère chargé de l'environnement a mis en place le Réseau national de surveillance des Ports Maritimes (REPOM), à partir des réseaux départementaux de suivi de la qualité des ports que géraient les Cellules Qualité des Eaux Littorales (CQEL) avec la participation financière de nombreux gestionnaires de ports.

L'objectif de ce réseau est d'évaluer et de suivre l'évolution de la qualité des eaux et des sédiments des bassins portuaires afin d'identifier l'impact de ces installations portuaires sur les usages du milieu, qu'ils soient pratiqués dans l'enceinte ou à proximité du port. Il constitue ainsi un outil de connaissance permettant de favoriser une meilleure gestion du milieu et d'inciter les gestionnaires de ports à rechercher des solutions pour éliminer les causes de pollutions observées.

Pour les sédiments, le suivi porte sur les contaminants figurant dans l'arrêté du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors de l'analyse de sédiments marins ou estuariens présents dans le milieu naturel ou portuaire.

Si ce réseau fournit ainsi une première caractérisation de la qualité des sédiments portuaires, ses résultats ne sont cependant pas suffisants pour décrire les sédiments au regard des attentes des procédures réglementaires d'autorisation de dragage. Une caractérisation complémentaire sur la zone précise à draguer et répondant aux spécifications de la circulaire relative à l'arrêté du 14 juin 2000 est nécessaire.

On notera que dans le cadre de travaux neufs ou exceptionnels, bien que les plans d'échantillonnage soient élaborés pour avoir une connaissance la plus précise possible des matériaux à draguer, et sans contredire le premier paragraphe, il peut être intéressant de réaliser un suivi de la zone draguée pour au moins un cas précis : celui des dragages qui nécessitent des profondeurs de fouilles très importantes. Ceux-ci interviennent en effet sur différents horizons d'homogénéité variable.

Pour des matériaux meubles et non homogènes, sous réserve d'une contamination historiquement connue, un suivi des principaux contaminants identifiés lors de l'état initial pourra s'avérer opportun. L'atteinte d'horizons géologiques rocheux peut nécessiter des opérations de déroctage. Si la qualité des matériaux compacts concernés n'est généralement pas problématique, des suivis de reconnaissance des horizons mis à jour sont préconisés. Ils permettent de caractériser la nouvelle nature des fonds et les impacts potentiels sur les nappes d'accompagnement dans le cas de dragages estuariens. Ce point particulier est développé dans le sous-chapitre suivant relatif à la qualité des eaux. Cette procédure n'est que la transposition « verticale » de celles mises en œuvre dans le cas de dragages récurrents.

➤ Sur les **zones d'immersion**, la notion de suivi implique la connaissance de l'état initial du milieu récepteur, particulièrement les conditions courantologiques, la qualité physico-chimique et les peuplements benthiques de substrats meubles. Obligatoirement mesurés avant la mise en service d'une zone d'immersion, ces éléments de connaissance des milieux servent de base pour les mesures de suivi et notamment les prescriptions des arrêtés d'immersion.

Le suivi concerne la qualité physico-chimique et principalement les granulométries et quantités de matériaux immergés. La connaissance de la physico-chimie permet de s'assurer que la qualité des déblais n'a pas d'impact sur le milieu récepteur, comme cela est analysé dans l'étude d'impact préalable aux immersions. Les granulométries, ainsi que les quantités, sont étudiées pour vérifier la compatibilité des matériaux apportés avec les matériaux en place et limiter le plus possible, entre autres, le colmatage du substrat. L'apport de matériaux plus fins peut limiter, voire obérer les échanges entre les eaux interstitielles et la colonne d'eau et entraîner des modifications des caractéristiques physico-chimiques dommageables principalement pour les animaux benthiques après tassement des matériaux immergés. C'est à ce titre que sont menées les investigations relatives aux recolonisations des zones d'immersion.

On notera que les zones d'immersion sont des sites localisés en mer ou en estuaire généralement choisis pour :

- une granulométrie la plus proche possible de celle des matériaux dragués ;
- des caractéristiques courantologiques permettant une moindre propagation des matériaux dans l'environnement proche lors de leur chute (on notera toutefois que certaines zones d'immersion sont choisies pour leur caractère dispersif à long terme) ;
- une faune benthique pauvre ou tout du moins non remarquable.

Une attention particulière est également portée sur le potentiel halieutique de la zone.

➤ **Le suivi de la qualité des matériaux est systématiquement préconisé sur les sites d'immersion pour évaluer l'évolution de la qualité des milieux suite à un ou plusieurs dépôts de dragage successifs. Sur les zones de dragage, ce suivi est préconisé dans le cadre de dragages d'entretien réguliers, en complément éventuel du suivi REPOM à l'intérieur des ports.**

☞ Il convient de noter que **l'évaluation de l'écotoxicité d'un sédiment** permet d'avoir une connaissance plus fine des possibilités d'impacts de ces matériaux lors de leur remaniement à l'occasion des dragages et des immersions. Néanmoins, l'état de développement des tests d'écotoxicité reste limité et il n'existe pas de méthode d'analyse pour laquelle un consensus global de la communauté scientifique existe¹². Ces analyses doivent être adaptées au contexte local, régional et historique, et peuvent permettre dans ce cadre d'avoir un avis plus tranché quant au non impact généré sur le milieu récepteur dans la limite des paramètres investigués. L'encadré suivant décrit succinctement les tests d'écotoxicité existants et leurs limites. Un tableau des différents seuils d'écotoxicité existants par contaminant est par ailleurs fourni à titre indicatif dans l'annexe technique « Critères d'évaluation ». Il peut servir à accompagner et orienter la réflexion sur l'opportunité d'un suivi écotoxicologique.

Tests de toxicité

L'étude de la toxicité du sédiment est basée sur la présence d'une ou plusieurs substances potentiellement toxiques, pouvant provoquer un effet biologique négatif sur les biocénoses environnantes. Elle permet de mesurer la toxicité aigüe du matériau à partir de l'effet global des contaminants présents, de leurs interactions et leurs biodisponibilités, sans pour autant permettre une spécification du ou des paramètres de contamination. La toxicité est évaluée en mesurant la CE 50 (concentration efficace) ou CL 50 (concentration létale), c'est-à-dire la concentration à laquelle on observe un effet ou une mortalité de 50 % des individus.

Les principaux tests reconnus (OSPAR, IFREMER) et mis en œuvre dans le cadre des études relatives aux problématiques de dragage et d'immersion sont les suivants :

- Test de toxicité sur le développement embryonnaire d'œufs fécondés de bivalves (larves "D" de *Crassostrea gigas* ou *Mytilus edulis*) ;
- Test de toxicité sur l'Amphipode *Corophium sp.*, selon la norme ASTM (E 724-94) ;
- Test de toxicité sur Copépode marin (*Acartia tonsa* ou *Tigriopus brevicornis*), selon la norme ISO/DIS 14669 (1996) ;
- Test d'inhibition de la luminescence (Microtox ou *Vibrio fischeri*), selon la norme NF EN ISO 11348-3.

Ces tests peuvent être réalisés sur le sédiment total, pour évaluer la toxicité des substances chimiques présentes directement dans le sédiment, ou sur l'eau interstitielle et les extraits aqueux pour connaître les effets toxiques de la fraction de contaminants solubilisée. Le détail de ces tests est présenté dans la [fiche technique n°3](#).

Il existe d'autres bio-essais sur poissons (*Scophthalmus maximus* ou *Cyprinodon variegatus*), oursins (*Sphaerechinus granularis* et *Paracentrotus lividus*) et algues (*Skeletonema costatum*) mais qui sont généralement réalisées dans le cadre d'études scientifiques plus spécifiques.

¹² Pour les sédiments destinés à une gestion terrestre, un protocole d'analyse d'écotoxicité unique de détermination du caractère dangereux ou non dangereux des sédiments a été retenu : le test H14. *A priori* non transposable à l'évaluation écotoxicologique de sédiments destinés à l'immersion, ce test constitue un exemple d'analyse écotoxicologique retenue par consensus.

Les tests de toxicité apportent des renseignements qui permettent d'évaluer les impacts potentiels des matériaux en général. Ils permettent aussi de dimensionner les quantités de matières en suspension, en deçà desquelles les effets sont négligeables, lors des travaux. Cette possibilité d'extrapolation de ces résultats est d'autant plus intéressante qu'il apparaît que les élévations des teneurs en matières en suspension sont de plus en plus retenues pour évaluer les impacts de travaux marins.

Il faut noter que ces tests sont globaux et ne renseignent donc pas sur les impacts de chacun des contaminants contenus dans la matrice sédimentaire. Les réponses prennent en compte les synergies entre les divers contaminants et les informations ainsi fournies sont donc bien adaptées au dimensionnement du risque associé aux matériaux en place et à leur mobilisation lors de travaux

Toutefois, il convient de noter certaines limites non liées à ces tests mais à leur mise en œuvre et à leur utilisation. En ce sens, en se rappelant que seules les eaux seront les vecteurs des altérants, le choix du test et principalement de la solution testée, eau interstitielle, eau d'imprégnation, eau surnageante, ... est déterminant pour la représentativité des travaux qui seront mis en application. Ainsi pour des travaux de dragage qui seraient préférentiellement réalisés par aspiration, il est préférable de faire réaliser un test à partir des lixiviats, tandis que pour des dragages à l'aide d'une benne, un test à partir des eaux surnageantes paraît suffisant pour connaître les éventuels impacts sur les biocénoses.

Par ailleurs, suivant les normes analytiques applicables, les paramètres pH et température, entre autres, sont fixés et il peut paraître légitime d'adapter les interprétations suivant les conditions du milieu investigué. Ceci est plus particulièrement pertinent dans le cas de dragage côtier dans des zones soumises à des pressions industrielles ou à des apports fluviaux.

☞ A noter également la problématique des **macro-déchets** que les immersions peuvent contribuer à transférer depuis certaines zones d'accumulation que sont les fonds de bassins portuaires vers le milieu naturel. L'impact de ces macro-déchets peut être en partie atténué par des mesures de réduction consistant essentiellement en un criblage des matériaux au moment du dragage. Cette méthode a cependant sa limite face aux contraintes technico-économiques qu'elle fait peser sur l'opération (le criblage des matériaux est possible uniquement jusqu'à un certain degré de finesse, au-delà duquel la complexité technique et le rendement du dragage n'est pas satisfaisant). Il est difficile de se positionner sur l'opportunité de réaliser un suivi de l'impact des macro-déchets au regard du peu de retour d'expérience disponible. Il serait au préalable nécessaire de disposer d'un état initial de ce paramètre dans les sédiments à draguer pour pouvoir en évaluer la pertinence, et disposer de moyens de réponse opérationnels en fonction des résultats d'éventuels suivis réalisés.

2.1.2 Exemples

Comme l'illustrent la fiche méthodologique relative à la qualité des sédiments (cf. **Fiche n°3** de l'annexe technique « Méthodes de suivi »), les suivis sont extrêmement normalisés tant en termes de molécules analysées qu'en terme de stratégie d'échantillonnage et il n'est pas nécessairement opportun de s'étendre sur les exemples relatifs à ces analyses. Les exemples suivants illustrent néanmoins l'opportunité de mettre en place un véritable **réseau de surveillance** dans le cadre de dragages d'entretien fréquents dans le premier cas, et l'opportunité de suivre des éléments complémentaires dans le deuxième cas.

➤ Mise en place d'un réseau de suivi de la qualité des sédiments : exemple du port de Bayonne

Depuis les travaux d'amélioration de l'embouchure en 2000, deux séries de dragage sont réalisés chaque année dans le port de Bayonne. Suite à l'arrêté préfectoral n°04/EAU/24, délivrant une autorisation pour une période de 10 ans, un suivi de la qualité des sédiments a été mis en place sur les zones susceptibles de contenir des polluants. La fréquence de ces suivis est définie par le Conseil Régional d'Aquitaine.

Aujourd'hui la CCI de Bayonne Pays Basque fait réaliser une campagne de qualification de la qualité des sédiments dans l'ensemble de l'estuaire. En 17 points entre le pont Grenet et l'embouchure, sont réalisés des prélèvements de sédiments. Les analyses de ces sédiments concernent la granulométrie, les métaux, les PCB et HAP, les organoétains, les nutriments et la bactériologie.

(Source : Présentation du suivi des sédiments portuaires dans le cadre des dragages d'entretien – CCI Bayonne Pays Basque – 14/05/2009)

➤ Analyses complémentaires : exemples divers

- Dans un contexte de bassin versant industriel particulier, le port de Dunkerque a choisi d'étendre le suivi de la qualité des sédiments des zones d'immersion aux dioxines et aux furanes, éléments dont l'analyse est également effectuée dans la colonne d'eau au travers d'organismes bio-accumulateurs (voir sous-chapitre suivant). *(Source : Présentation des programmes de suivi et de surveillance environnementale du GPMD, GPMD, 2010).*

- Dans le cadre de la prise en compte de la DCE et de ses objectifs de respect des normes de qualité environnementale, il peut être demandé aux maîtres d'ouvrage des analyses spécifiques aux 41 substances citées en annexe de cette directive. Au vu du nombre de substances prioritaires visées, de la répartition géographique parfois très restreinte de ces substances et du coût des analyses, il convient d'adopter une démarche d'identification par l'amont du risque de présence de ces molécules dans les masses d'eau et les sédiments. Ces analyses ne rentrent pas à proprement parler dans le cadre de suivis et restent aujourd'hui des mesures ponctuelles et exceptionnelles.

- Dans un contexte portuaire et géographique particulier où les activités industrielles du port côtoient des zones de conchyliculture, le Grand Port Maritime de Marseille envisage aujourd'hui l'analyse de kystes phytoplanctoniques toxiques dans les sédiments portuaires. Ce projet est envisagé dans un contexte où les zones conchylicoles de l'anse de Carteau dans le golfe de Fos, sont sous influence potentielle des altérations de la qualité des eaux provoquées par les activités de dragage des bassins Ouest du port. A noter que ces analyses relèvent avant tout d'une démarche d'amélioration des connaissances et d'analyse de l'état initial des risques et ne constituent pas un suivi des opérations à proprement parler. *(Source : communication personnelle, J.M. Bocognano, GPMM).*

2.1.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi de la qualité des sédiments sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » : [suivis de la qualité des sédiments - fiche méthodologique n°3](#).

En ce qui concerne les macro-déchets, le manque de retour d'expérience ne nous permet pas aujourd'hui de définir un protocole type. Les observations des usagers de la mer et notamment des pêcheurs peuvent constituer une source d'information bénéfique.

2.2 Qualité des eaux

2.2.1 Opportunités de suivi

Le suivi de la qualité des eaux est lié à la nécessité de connaître les apports susceptibles d'engendrer des dysfonctionnements et/ou des impacts dans le milieu récepteur. Celui-ci est à considérer suivant les espèces et les usages dans l'environnement proche et moyen, voire lointain, des zones de dragage et d'immersion. Le suivi doit permettre de contrôler l'innocuité des opérations de dragage vis-à-vis de l'environnement.

Ces contrôles de la qualité des eaux concernent les propagations de particules remobilisées par les actions mécaniques du dragage, par les eaux d'exhaure qui sont produites par le pré traitement ou le traitement des déblais de dragage ou encore par la dispersion de matériaux et le relargage de contaminants de part et d'autre de la zone de clapage. Le suivi de la qualité des eaux peut ainsi se faire dans deux optiques majeures.

- **Contrôles ponctuels en phase travaux**

Il s'agit de l'analyse de paramètres spécifiques en phase travaux par prélèvements ponctuels. L'objectif principal est le contrôle de la remise en suspension des matériaux afin de maîtriser le risque d'altération d'habitats ou d'activités particulièrement vulnérables. Les indicateurs sont les variations du taux de matières en suspension ou de la turbidité. Les fluctuations naturelles de ces éléments impliquent une caractérisation préalable aux travaux suffisamment représentative pour constituer un point de référence pertinent.

- **Contrôles par intégration à long terme**

Il s'agit principalement d'évaluer l'impact de l'immersion sur la qualité des eaux à long terme par relargage de contaminants. Ce type d'évaluation par intégration à long terme fait appel à l'utilisation de **bio-intégrateurs**.

Ces deux types de suivi font ainsi appel à des techniques très différentes. La première nécessite des capacités d'analyse en temps réel afin d'améliorer la réactivité des opérateurs pour déclencher sur le terrain, les mesures correctives adaptées. La seconde fait appel à des techniques intégratrices à court ou moyen terme permettant d'évaluer la contamination chimique des eaux ou de la matière vivante.

➔ Problématique des suivis en temps réel : relation entre les matières en suspension et la turbidité

Les **matières en suspension** recouvrent à la fois les matières solides inorganiques (argiles, vases, sables) et les matières organiques. Elles sont mesurées par le poids sec des matières par unité de volume d'eau et exprimées en mg/l. La mesure nécessite le transport en laboratoire, la filtration, le séchage et la pesée, soit un délai entre 6 h et 24 h.

La **turbidité** traduit « *la propriété optique de l'eau responsable de la dispersion et de l'absorption de la lumière plutôt que sa transmission en ligne droite à travers l'échantillon* »¹³. Lorsque l'on mesure la turbidité, on détermine la dispersion et l'absorption de la lumière, abstraction faite de l'eau pure. Il s'agit donc bien d'un paramètre lié à la présence des particules en suspension. La gamme de turbidité dans les eaux naturelles, exprimées en unités de turbidité néphéométriques (NTU) peut aller de moins de 0,1 NTU dans certaines eaux du large à plusieurs dizaines, voire centaines de NTU dans les estuaires¹⁴. La turbidité peut être mesurée directement par des turbidimètres embarqués mesurant la lumière diffusée par les particules (effet Tyndall), cette dernière étant effectuée à angle droit par rapport à la lumière incidente (mesure néphéométrique).

Les concentrations limites en matières totales en suspension (valeurs normatives ou imposées dans les arrêtés de rejet ou d'exploitation) impliquent de mesurer précisément les **matières en suspension (MES)**. Cependant la mesure des matières en suspension nécessite un prélèvement d'échantillon et une analyse en laboratoire (filtration, étuvage et pesée). Le résultat n'est pas immédiat alors que l'on cherche, sur le terrain, à avoir une mesure instantanée pour connaître comment la valeur mesurée se positionne par rapport à la valeur fixée comme objectif à ne pas dépasser. Pour ce faire, les mesures instantanées à l'aide de sondes automatiques mesurent effectivement la transparence de l'eau comme indicateur de la turbidité.

Or, il n'y a pas de corrélation directe entre la turbidité et les teneurs en matières en suspension totales¹⁵. En préalable de tout suivi environnemental de chantier, il est donc recommandé d'établir cette corrélation à partir d'échantillons prélevés sur le site de dragage et en utilisant une colonne à sédimentation en laboratoire.

Ces tests doivent distinguer, selon les cas, les remises en suspension près des dragues (extraction), sur le site d'immersion (clapage) et à l'exutoire des chambres de décantation (rejet des eaux décantées).

¹³ Définition du manuel de l'*American Public Health Association*.

¹⁴ Aminot, A. et Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO.

¹⁵ Thackston, E.L. et M.R. Palermo (2000). Improved methods for correlating turbidity and suspended solids for monitoring. DOER technical Notes Collection. US Army Engineer Research and development Center

Tableau 2 : méthodes pour estimer la corrélation entre teneurs en MES et turbidité

Cause des remises en suspension	Caractéristiques des remises en suspension	Corrélation MES/turbidité
Extraction par drague	Ensemble du spectre granulométrique (fractions grossières et fines).	A partir de l'ensemble du sédiment (méthode d'Earhart, 1984)
Clapage sur le site d'immersion	Les particules les plus grossières décantent au point de rejet de la conduite ou de la barge. La turbidité à mesurer est la turbidité à la limite de la zone de mélange ou à une distance donnée de l'ouvrage de décharge	Test en colonne de sédimentation à partir d'échantillons prélevés en ces points
Rejet à l'exutoire de chambres de décantation	Les particules grossières décantent dans la chambre de dépôt. Les rejets à l'exutoire concernent les fractions fines.	Test en colonne de sédimentation.

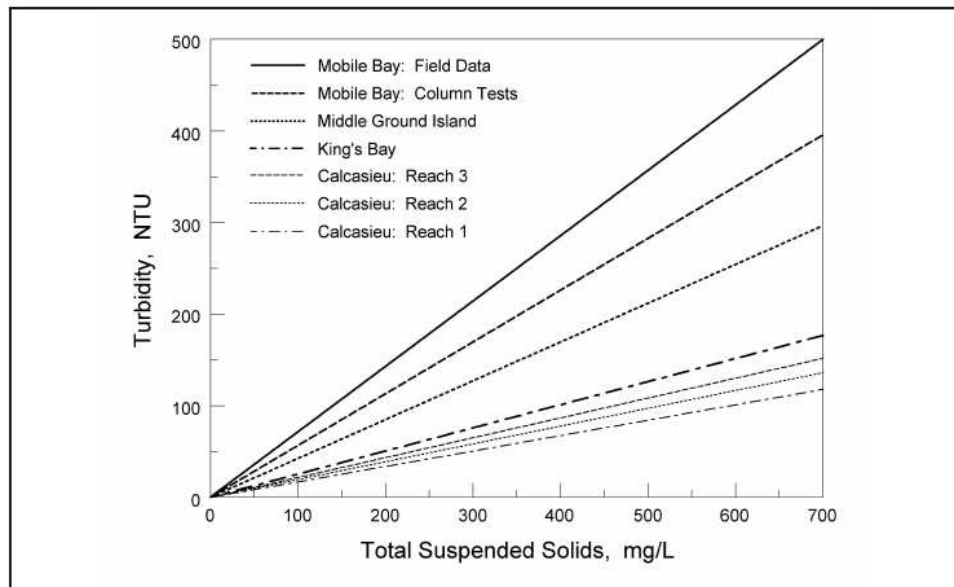


Figure 3. Combined regression plots, showing differences among lines for different sediments

Figure 11 : exemples de corrélations entre matières en suspension (MES) et turbidité (NTU)

Il faut indiquer que la mesure de la **transparence** est aussi un très bon indicateur de la qualité des travaux. C'est une mesure facile à mettre en œuvre (disque de Secchi), qui permet dans les petits fonds d'avoir une information immédiate, voire en continu, des propagations de matières en suspension. L'éventuel dépassement de valeurs seuils indique alors la nécessité de réaliser des mesures de matières en suspension, voire d'analyses physico-chimiques dans des prélèvements ponctuels.

En tout état de cause, la connaissance des matières en suspension est primordiale pour connaître les possibilités d'impact d'un rejet, la part des substances dissoutes étant généralement une faible partie de la charge de contaminants.

Ces matériaux fins, présentant des grandes surfaces spécifiques et donc des possibilités d'adsorption importantes, sont susceptibles d'être les **éléments vecteurs** d'une propagation de contaminants chimiques. De plus, leur sédimentation dans des herbiers, dans des zones remarquables, ou dans des zones comprenant des matériaux grossiers peut engendrer des colmatages, voir des envasements qui vont avoir des impacts forts et rapides sur les échanges gazeux et donc sur la qualité des milieux.

Toutefois, il convient d'indiquer que certains dragages présentent des spécificités qui rendent ces paramètres difficiles à surveiller ou du moins qui nécessitent un suivi plus draconien des conditions du milieu. Citons pour l'exemple les dragages réalisés dans les canaux de navigation, pour lesquels une remise en suspension par le passage d'une péniche rend caduque toute tentative de suivi environnemental.

➔ **Spécificités des bio-indicateurs**

Dans le langage courant, les **bio-intégrateurs** les plus connus sont des **bio-indicateurs**. Ce sont des organismes vivants, invertébrés et/ou vertébrés, dans lesquels le dosage des contaminants fournit des renseignements sur les concentrations chroniques dans le milieu aquatique. Dans ce cas, les bioindicateurs les plus usuels sont les moules, des invertébrés qui filtrent les eaux en accumulant les contaminants, qui sont présents sur toutes les façades maritimes métropolitaines.

Les bio-indicateurs peuvent aussi être des organismes dont les caractéristiques apparentes fournissent des renseignements sur les conditions du milieu et leurs variations. Ceci est le cas par exemple des herbiers de phanérogames, posidonies en Méditerranée et zostères en Manche et Atlantique, dont la vitalité, la croissance, et d'autres paramètres permettent d'apprécier la qualité du milieu. La seule présence des Cystoseires par exemple permet aussi d'estimer qu'un site est de bonne qualité environnementale en Méditerranée.

Tous les animaux et les végétaux peuvent être des bio-indicateurs si l'on connaît les caractéristiques écologiques et leurs réponses aux stress engendrés par la présence de contaminants (nature et concentration). Toutefois les modifications subies par ces organismes, à l'exception d'une brutale mortalité, ne sont que rarement perceptibles ou mesurables dans des échelles de temps compatibles avec les durées des chantiers de dragage. Par contre, ces organismes sentinelles, peuvent jouer un rôle intéressant pour des suivis à long terme.

Dans ce contexte, le suivi de la qualité des milieux à l'aide de bio-indicateurs tels que des moules, concerne principalement les zones d'immersion.

Il est à noter que le cahier des charges de certains suivis impose des prélèvements et dosages d'oursins en Méditerranée. Cet animal brouteur, et non filtreur, peut fournir des renseignements sur les dépôts de matériaux contaminés au droit d'un exutoire ou d'un chantier. Toutefois, eu égard à sa raréfaction et à ses capacités d'accumulation, cet échinoderme est à raison de moins en moins sollicité dans ces suivis.

Par ailleurs, depuis quelques années, de nouveaux bio-intégrateurs sous la forme de **capteurs passifs** sont apparus. Ces appareillages sont des outils technologiques proches des bio-indicateurs par les renseignements qu'ils fournissent. Les récentes études menées par les chercheurs de l'IFREMER, ont employé des capteurs passifs dont les temps d'immersion sont de l'ordre de quelques jours à quelques heures et permettent d'acquérir des données dans des délais compatibles avec une gestion hebdomadaire, voire quotidienne, des chantiers de dragage.

↳ Les suivis de la qualité des eaux sous forme de suivis en temps réels et de bio-intégrateurs sont justifiés pour de forts enjeux d'usages ou d'habitats sensibles ou de qualité. Les suivis ponctuels permettent de contrôler la qualité des eaux au regard des objectifs de qualité des masses d'eau définis par ailleurs mais leur représentativité est limitée.

La question des suivis des **eaux souterraines**, quoique peu courants et spécifiques aux milieux estuariens, mérite d'être rappelée. Les matériaux sédimentaires constituant le lit des fleuves jouent en effet un rôle central dans la filtration des eaux entre le cours d'eau et ses nappes d'accompagnement. Il influence ainsi la qualité des eaux souterraines et en particulier leur taux de salinité. Lors d'opérations de dragage affectant de manière significative cette interface - essentiellement le cas de travaux neufs mettant à jour le substrat rocheux -, le suivi de l'hydrogéologie peut être préconisé selon l'importance des enjeux d'usage (alimentation en eau potable) et d'écologie des milieux naturels qui en dépendent.

Enfin, on notera quelques suivis souvent qualifiés de « non-sens » mais pourtant parfois mis en œuvre : mesure de la DBO en milieu marin¹⁶ et la bactériologie en estuaire.

2.2.2 Exemples

↳ Suivi de la turbidité et des matières en suspension - Exemple du dragage de construction du terminal pétrolier n°5 de Fos-sur-Mer

Dans le cadre de l'autorisation au titre de la loi sur l'eau, les travaux de construction du terminal pétrolier de Fos sur Mer se sont accompagnés d'un suivi environnemental dont le contenu est donné dans l'arrêté préfectoral du 6 janvier 2005 autorisant le Port Autonome de Marseille à procéder à la construction du poste pétrolier n°5 et aux dragages et rejets y afférents.

Afin de limiter les risques de contamination d'une zone conchylicole localisée à proximité par la diffusion de panaches turbides, l'effet des travaux sur la turbidité de l'eau et le taux de matières en suspensions ont été mesurés respectivement par l'entreprise et le maître d'œuvre durant la période du 11/01/06 au 30/03/06.

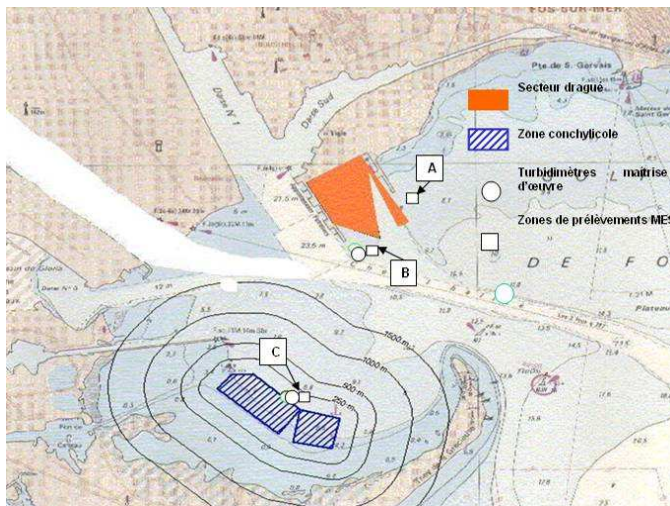


Figure 12 :
Localisation des sites de travaux et conchylicoles et des points de contrôle (BCEOM, 2007)

¹⁶ Les mesures de DCO et DBO₅ en milieu marin ne sont pas significatives en raison du taux de chlorures et de la complexité des processus biologiques dans lesquels interviennent en plus la production d'oxygène par le phytoplancton.

La turbidité a été mesurée en continu à – 5 m sous la surface libre de l’eau à proximité de la zone conchylicole. Le taux de MES a lui été mesuré en surface et à – 5 m de profondeur, une fois par semaine, une mesure étant effectuée à proximité de la zone conchylicole.

Le dépassement de valeurs seuils fixées pour les matières en suspension et pour la turbidité entraînait une alerte SMS signifiant l’arrêt temporaire des travaux jusqu’à un retour à des niveaux inférieurs à ces seuils.

Ces suivis ont révélé une turbidité moyenne globalement faible sur la période de mesure. En revanche, plusieurs dépassements du seuil d’alerte fixé à 80 NTU ont été enregistrés.

Au niveau des MES, le seuil d’alerte fixé à 60 mg/l à proximité du chantier et à 80 mg/l à proximité des zones conchylicoles n’a jamais été atteint.

Un décalage dans le temps entre les pics de turbidité au niveau du parc conchylicole et au niveau de la zone de dragage n’a pas permis de mettre en évidence l’effet des travaux sur cette augmentation de la turbidité des eaux au niveau du parc. L’examen des données Météo France (vent et état de la mer) aux dates concernées a conduit à émettre l’hypothèse que des conditions météorologiques particulières pourraient être à l’origine des pics observés.

➔ Exemple de contrôle de la qualité microbiologique des eaux

Des travaux de dragage ont été réalisés dans l’estuaire de la Vilaine du 1^{er} janvier 2009 au 31 octobre 2010. Afin de maîtriser le risque de l’altération de la qualité des eaux sur les concessions conchylicoles localisées à proximité, un suivi microbiologique de la zone a été mis en place par l’IFREMER à la demande de l’Institution d’Aménagement de la Vilaine durant cette période.



Figure 13 : Localisation des zones de travaux, des concessions conchylicoles et des points de suivi microbiologique

L'intégrateur de la contamination microbiologique retenu pour cette étude est la moule d'élevage (*Mytilus edulis*) sur laquelle un dénombrement de bactéries de type *Escherichia coli* a été effectué. Les suivis de l'IFREMER ont été réalisés sur deux stations situées au Nord et au Sud de l'estuaire. En plus de ce suivi, un autre suivi est réalisé de façon permanente, une fois par mois, sur les stations REMI (Les Granges, Kenvoyal et Le Halguen). Leurs résultats ont également été intégrés à l'étude spécifique de l'IFREMER. Ce dernier suivi vise la surveillance des zones conchylicoles, régulière et en alerte, pouvant conduire à un bulletin d'alerte de façon à ce que l'autorité compétente puisse prendre les mesures adaptées à la protection de la santé des consommateurs.

➤ **Exemple de suivi hydrogéologique dans l'estuaire de la Garonne**

Dans le cadre d'un approfondissement du chenal de Grande Navigation opéré par le Grand Port Maritime de Bordeaux (GPMB), les objectifs d'approfondissement atteignaient par endroit les affleurements subaquatiques de calcaires de l'Eocène. La nécessité d'approfondir « dans le rocher » a nécessité des travaux de déroctage.

Ce sont les formations calcaires de l'Eocène moyen qui sont les plus vulnérables aux intrusions de sel de l'estuaire dans ce secteur. Compte tenu de l'éventuel impact du déroctage dans cette formation calcaire, la nappe de l'Eocène autour du chantier a fait l'objet d'une surveillance hydrogéologique sur une période commençant 15 jours avant le début des travaux à l'amont du PK 38 et finissant deux mois après la fin du chantier.

Le suivi a été réalisé sur trois piézomètres existants et un piézomètre spécialement mis en place pour cette campagne, équipés en sondes de niveaux et/ou de conductivité-température.

Aucun impact des travaux n'a été enregistré pendant toute la période étudiée tant sur la température et sur la salinité de l'eau que sur les niveaux piézométriques locaux, ces derniers dépendant avant tout de la pression exercée par les variations de niveau de l'estuaire à chaque marée.

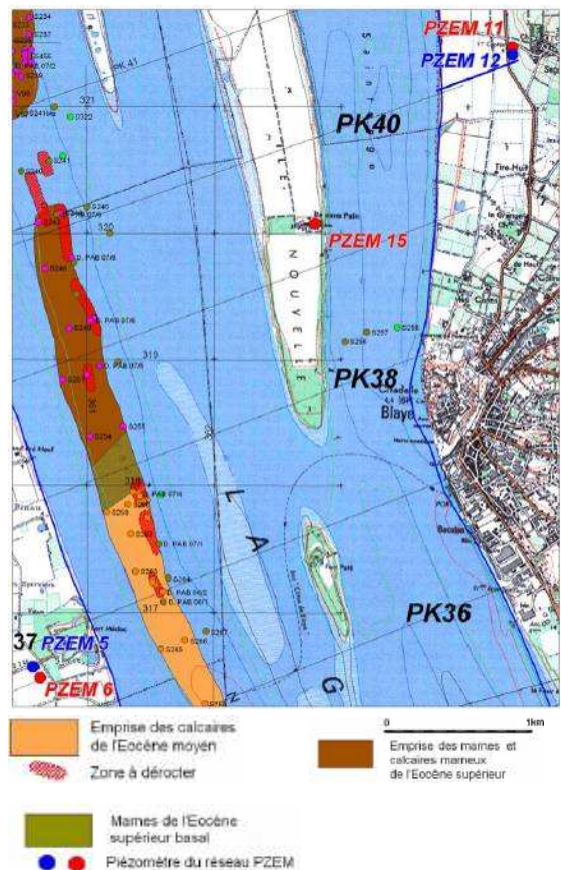


Figure 14 : Situation des travaux de déroctage et des piézomètres (Source : BRGM)

(Source : Suivi piézométrique et hydrochimique de la nappe de l'Eocène au cours des travaux d'approfondissement de la passe de Cussac (estuaire de la Gironde, Rapport final, BRGM/RP-56377-FR, mai 2008).

2.2.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi de la qualité des eaux sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » :

- Suivis de la qualité des eaux - [fiche méthodologique n°4](#) ;
- Cas spécifique des bio-indicateurs – [fiche méthodologique n°5](#).

3 Milieu biologique

Composantes

- ⇒ Plancton,
- ⇒ Benthos,
- ⇒ Flore aquatique,
- ⇒ Algues,
- ⇒ Flore rivulaire,
- ⇒ Ichtyofaune,
- ⇒ Avifaune,
- ⇒ Mammifères marins.

Principaux facteurs de sensibilité

⇒ Dragages

- Entité géomorphologique dans laquelle se déroule l'opération (estuaire, lagune, frange littorale)
- Richesse écologique des milieux (sites naturels « ordinaires », sites d'intérêt pour la faune et la flore, sites d'intérêt pour l'avifaune),
- Typologie de travaux (neuf ou entretien),
- Technique de dragage (type d'altération des fonds et risque de dispersion de matière en suspension),
- Volume des opérations,
- Qualité ambiante des eaux,
- Interaction des opérations avec les composantes considérées.

⇒ Immersions

- Entité géomorphologique dans laquelle se déroule l'opération (estuaire, lagune, frange littorale),
- Richesse écologique des milieux (sites « banals », sites d'intérêt pour la faune et la flore, sites d'intérêt pour l'avifaune),
- Typologie de travaux (neuf ou entretien),
- Technique d'immersion et conditions hydrodynamiques : risque de dispersion de matières en suspension,
- Volume des opérations,
- Caractéristiques des matériaux immergés et caractéristiques des matériaux en place,
- Qualité ambiante des eaux,
- Interaction des opérations avec les composantes considérées.

3.1 Plancton

3.1.1 Opportunités du suivi du phytoplancton

Aucun exemple de suivis du phytoplancton n'a été trouvé dans les suivis récents. Etant donné le caractère temporaire des incidences potentielles sur le phytoplancton associé à l'altération de la colonne d'eau, on considère généralement que les incidences sont localisées et limitées dans le temps.

Le suivi des communautés de phytoplancton est réalisé sur l'ensemble du littoral français par l'IFREMER dans le cadre du réseau REPHY dont les objectifs sont :

- « la connaissance de la biomasse, de l'abondance et de la composition du phytoplancton marin des eaux côtières et lagunaires,
- la détection et le suivi des espèces phytoplanctoniques productrices de phycotoxines ; et
- la recherche de ces phycotoxines dans les mollusques bivalves présents dans les zones de production ou dans les gisements naturels » (synthèse nationale 2010).

Le REPHY assure des prélèvements réguliers d'eau et de coquillages (exploités ou naturels). La fréquence des prélèvements est adaptée aux sites et peut-être modifiée en cas d'efflorescences de phytoplancton toxique.

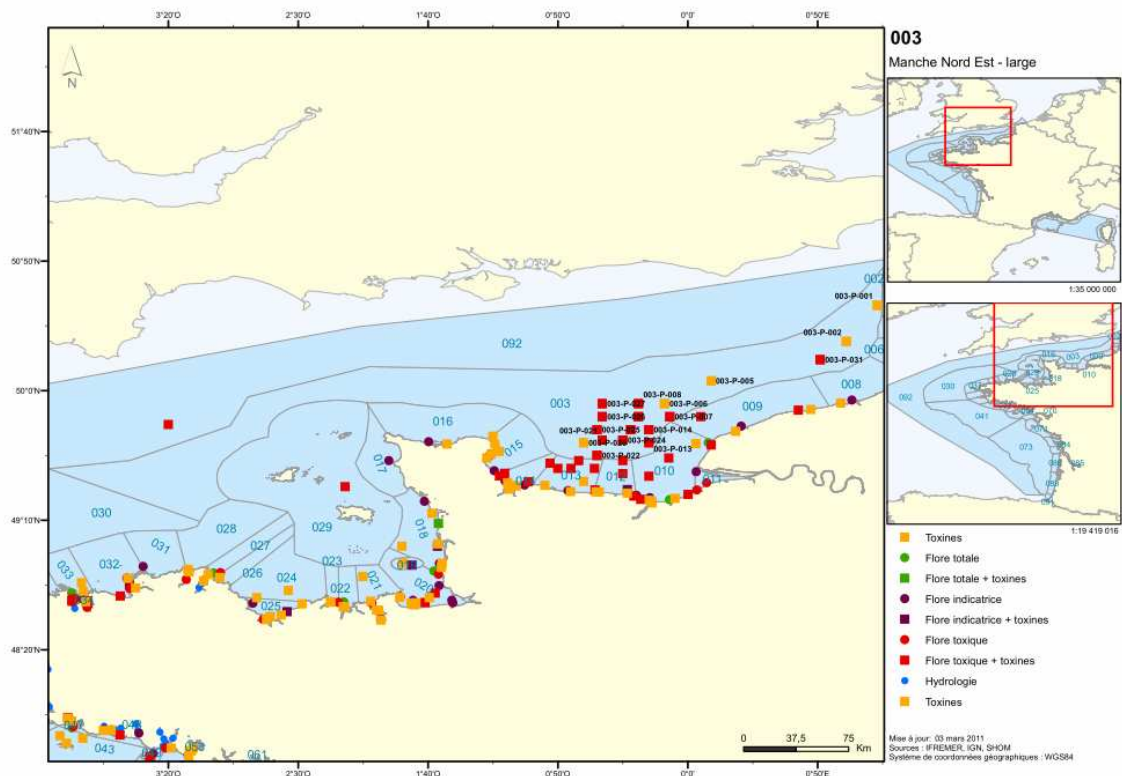


Figure 15 : exemple de positions des points du REPHY dans la Manche (REPHY, cahier des procédures)

Si la position des points de surveillance du REPHY est concordante avec les besoins du suivi des opérations de dragage et d'immersion, il est suffisant d'utiliser les données du réseau. La position des points est accessible via IFREMER qui met à disposition en ligne un certain nombre de documents relatifs au REPHY (modalités, résultats annuels, par région...). Les points du REPHY pourront concorder avec les besoins d'un suivi si les échelles spatiale et temporelle sont représentatives : si les zones de dragage/immersion sont grandes et proches d'un point REPHY, celui-ci pourra être considéré comme représentatif. Il sera donc nécessaire avant toute décision de mettre en place un suivi « phytoplancton » de vérifier la position des points REPHY. Dans le cas contraire, l'analyse des communautés phytoplanctoniques nécessiterait la mise en œuvre d'un protocole coûteux nécessitant du matériel et des compétences de très haut niveau : prélèvement en bateau, filtration de l'eau en laboratoire, examen des échantillons au microscope à contraste de phase pour le comptage et l'identification des taxons et espèces.

⇒ Dans le cadre des opérations de dragage et d'immersion, sauf mention contraire, il ne paraît pas nécessaire de mettre en œuvre un tel suivi. La surveillance de la turbidité et / ou de la transparence de l'eau et de la teneur en sels nutritifs et dans les zones non turbides, le suivi de l'indicateur chlorophylle, reflet de la biomasse phytoplanctonique, peuvent être des indicateurs suffisants.

La diffusion et la germination potentielle de kystes de phytoplancton toxique représente un enjeu plus préoccupant, dont la prise en compte au sein d'une démarche de suivi peut être considérée, s'il existe un risque de présence de tels kystes dans les matériaux dragués et remis en suspension. Une recherche d'antériorité d'efflorescences toxiques sur le territoire pourra être faite au travers des résultats des réseaux de surveillance de l'IFREMER.

La recherche de phytoplancton toxique dans les sédiments relève davantage d'une procédure d'état initial que d'une procédure de suivi si des risques de présence sont avérés. Les techniques d'analyse sédimentaire pour la mise en évidence de kystes de phytoplancton toxiques sont réservées à quelques laboratoires spécialisés et davantage mis en œuvre dans le cadre d'activités de recherche que dans le cadre de démarches opérationnelles de caractérisation de sédiments.

⇒ Les opportunités du suivi à considérer en cas de présence de kystes de phytoplancton toxiques dans les matériaux de dragage sont celles décrites ci-avant pour un cadre plus large d'analyse du phytoplancton.

3.1.2 Opportunités de suivi du zooplancton

L'échantillonnage du zooplancton est d'autant plus difficile que le zooplancton couvre une gamme de taille très large depuis le femtoplancton (0,02 – 0,2 μm) jusqu'au mégaplancton (20 - 200 cm). Pour chaque classe de taille ou presque, la méthode de prélèvement est différente.

Le prélèvement pour le zooplancton au-delà de 150 µm consiste à prélever à l'aide de filet conique de maille choisie en fonction du zooplancton ciblé (Figure 16). Le filet est tracté par bateau (0,8 noeud) à différentes hauteurs de la colonne d'eau pour intégrer l'ensemble de la colonne. Pour les organismes plus petits, l'analyse se base sur des prélèvements d'eau à la bouteille Niskin ou un pompage d'eau filtrée (sur membrane ou microfiltres) directement sur le bateau. Les prélèvements devront être le plus représentatifs possible de l'ensemble de la colonne d'eau.

Les différents groupes d'organismes du zooplancton nécessitent des précautions de fixation différentes : des vapeurs de tétraxide d'osmium pour les ciliés, du formaldéhyde (5 % neutralisé) pour les organismes calcaires, et du chlorure de magnésium puis du propylène-phénoxtol pour les mollusques (gastéropodes, hétéropodes, larves véligères et les bivalves).

Ces techniques sont très pointues et demandent du matériel spécifique pour préserver la sécurité de l'opérateur (UNESCO, 1968 ; Pagano et Saint-Jean, 1988). La détermination des espèces est ensuite réalisée à l'aide d'un microscope inverse avec l'utilisation pour certains groupes, des techniques de marquages ou pour les plus petits organismes, d'hémocytomètres.

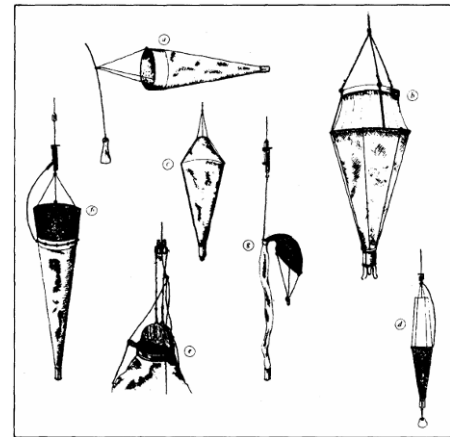


Figure 16 : Exemple de filets à plancton

(Source : Unesco, 1968)

➔ **Le suivi écologique de ce compartiment n'est quasiment jamais réalisé dans les opérations de dragages et d'immersion. La mise en œuvre des protocoles de suivi est trop compliquée et coûteuse pour une information peu pertinente dans le cadre de ce genre d'opérations.**

3.1.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi du phytoplancton sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » : suivi du phytoplancton – [fiche méthodologique n°6](#).

3.2 Benthos

3.2.1 Opportunités du suivi

Au-delà de leur très forte vulnérabilité sur les sites de dragage et d'immersion, au niveau desquels ils subissent une mortalité quasi systématique, les animaux benthiques de substrats meubles sont considérés comme d'excellents indicateurs des conditions environnementales d'un milieu grâce :

- au fait qu'ils vivent dans les sédiments et sont exposés aux contaminants chimiques et à de fréquents stress toxiques,
- à leur relative sédentarité qui leur permet d'être le reflet des conditions environnementales proches,
- à leur durée de vie relativement longue qui assure une intégration des conditions environnementales sur plusieurs années,
- au fait que beaucoup d'espèces sont des espèces commerciales ou en sont les proies, et enfin
- grâce au fait qu'ils participent aux flux géochimiques à l'interface eau-sédiment avec leurs activités de bioturbation et de nutrition.

Sur les **zones draguées**, le suivi des communautés benthiques permet d'étudier les processus de recolonisation suite à leur destruction par dragage (groupes taxonomiques et espèces, biomasse, richesse spécifique, diversité, etc.).

Sur les zones draguées régulièrement dans le cadre d'opérations d'entretien, ce type de suivi présente un intérêt limité. En effet celles-ci sont généralement pauvres : remaniés à chaque passage de drague, les potentialités de recolonisation des sédiments sont limitées. Ces propos peuvent être nuancés selon la fréquence des opérations de dragage et surtout selon la méthode de dragage employée. En effet si les conséquences des dragages hydrauliques ou mécaniques sur les communautés benthiques ont été largement étudiées, celles de techniques moins fréquentes ou plus innovantes comme le biodragage ou le « *active nautical depth* » sont moins connues. La mise en œuvre de suivis permettrait d'améliorer les connaissances scientifiques sur ces sujets.

Les suivis de benthos peuvent être élargis aux zones voisines des sites dragués, afin d'étudier l'influence directe de dépôts d'éventuels panaches turbides ou encore de perturbations hydro-sédimentaires.

Sur les **sites d'immersion**, le suivi des communautés benthiques permet d'étudier leurs évolutions suite à leur ensevelissement sous des matériaux possédant des caractéristiques spécifiques : processus de recolonisation en lien avec les variations qualitatives des sédiments (granulométrie, toxicité, etc.) ainsi que les processus de recolonisation associés.

Avec la bathymétrie et la qualité des sédiments, le benthos constitue un des compartiments environnementaux dont le suivi est le plus fréquemment mis en œuvre dans le cadre de travaux d'immersion.

➔ **Le suivi des communautés benthiques est ainsi largement préconisé dans le cadre de projets de dragage de travaux neufs et sur les sites d'immersion.**

3.2.2 Exemples

➔ Suivi des sites de dragage et d'immersion du Grand Port Maritime de Rouen

Le site du Kannik est le principal site de clapage du Grand Port Maritime de Rouen. Utilisé pour la première fois en 1977, il est situé à l'embouchure de l'estuaire de la Seine, en tête du banc d'Amfard. Proche de la zone principale de dragage, le site autorise une réduction des distances de transport en s'inscrivant dans le sens du développement naturel des bancs avec une minimisation des recyclages.

L'Article 6 de l'arrêté d'autorisation d'immersion sur ce site prévoit un inventaire benthique à la fin de la période de renouvellement et sa zone d'influence afin de dresser un état des lieux des populations et voir leur évolution. L'étude comprend entre autres :

- 9 stations couvrant le site d'immersion du Kannik (ancien et actuel),
- 4 stations situées sur le talus bordant le chenal au Nord de celui-ci
- 1 station « témoin » à l'Ouest du Kannik (station 60).

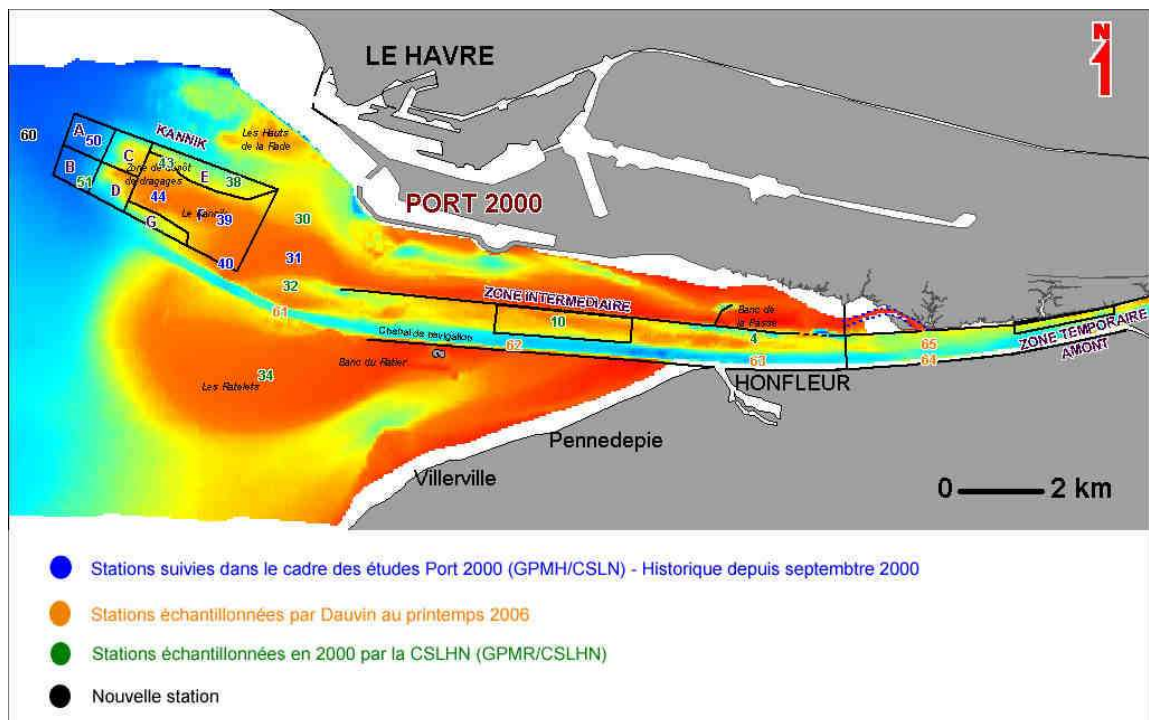


Figure 17 : Localisation des stations échantillonnées dans l'estuaire de la Seine en 2008

Ce suivi a confirmé l'incidence attendue dans le dossier d'enquête publique de 2003 : une avancée de l'habitat « sables moyens dunaires » au détriment de l'habitat « sables mal triés ». L'accroissement des volumes de sédiments clapés sur la période 2004-2008 a entraîné une perte de surface d'habitat pour le peuplement « sables mal triés » que l'on peut estimer à 0,3 km²/an pour une estimation faite en 2003 de 0,15 km²/an. Ce chiffre est à comparer à la zone couverte de façon persistante par ce peuplement sur l'ensemble de la Baie de Seine orientale qui s'élève à 350 km².

Dans le cadre de ses opérations de dragage, le Grand Port Maritime de Rouen travaille en collaboration avec le GIP Seine Aval dans le but d'étudier l'évolution de la structuration spatio-temporelle du macrobenthos sur les sites de dragage. Ces observations permettent entre autres d'évaluer la dynamique de recolonisation des zones régulièrement remaniées.

En l'occurrence elles indiquent que la composition faunistique observée dans le chenal de navigation est un assemblage d'espèces provenant de communautés adjacentes évoquant ainsi des tentatives de recolonisation. Cependant, aucun des paramètres édaphiques (pourcentages des différentes fractions sédimentaires, mode sédimentaire et bathymétrie) ne permet d'expliquer la répartition de la faune observée.

3.2.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi du benthos sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » : [suivi des communautés benthiques – fiche n°7](#).

3.3 Herbiers de phanérogames et algues

3.3.1 Opportunités du suivi

Le suivi des phanérogames ou des algues peut s'inscrire dans un processus de moyen à long terme visant à étudier l'évolution d'espèces à fort enjeu de préservation et ou l'état de conservation de certains habitats d'intérêt. On considère ici qu'aucun dragage et aucune immersion ne sont réalisés directement sur des herbiers de phanérogames ou des prairies d'algues du fait de leur sensibilité et de leur statut de protection. La discussion suivante sur l'opportunité d'un tel suivi porte sur les risques d'impacts indirects, principalement par altération de la qualité des eaux.

En pratique, les suivis d'herbiers de phanérogames et de prairies d'algues en lien avec des opérations de dragage ou d'immersion sont peu courants. Les précautions prises dans le cadre de ces opérations consistent en premier lieu à limiter l'altération de la qualité des eaux au droit de ces habitats sensibles. Les suivis se concentrent alors sur les paramètres indicateurs que sont la turbidité et / ou la transparence de l'eau à proximité des zones de travaux. Si ces suivis mettent en évidence des altérations préjudiciables pour ces habitats à des niveaux dépassant les prévisions de l'étude d'impact et les possibles améliorations prévues par les mesures correctrices immédiates (arrêt des opérations le temps d'un retour à une qualité satisfaisant par exemple), un suivi spécifique peut être envisagé.

Le suivi des herbiers de phanérogames et prairies est identique avant ou après les travaux de dragage ou d'immersion. Il est effectué par divers organismes publics et privés. Pour la mise en place d'un suivi dans le cadre de travaux de dragages et d'immersions, les responsables des opérations devront se rapprocher de la communauté scientifique en charge de la surveillance de l'herbier concerné afin d'obtenir des renseignements sur l'état dynamique des prairies potentiellement affectées par le projet : IFREMER ou universités disposant de centres d'études marines. Le RSP (Réseau de Surveillance de Posidonie) en Méditerranée et le programme REBENT (REseau BENthique) en Atlantique sont également en mesure de fournir toutes les informations nécessaires. Le REBENT, mené par IFREMER, assure le recueil et la mise en forme de données relatives aux habitats et biocénoses benthiques associées dans la zone côtière.

➔ **Les précautions amont prises avec les zones d'herbier et de phanérogames impliquent que les suivis de ce type de flore restent exceptionnels. Leur opportunité est à évaluer au cas par cas en fonction de l'efficacité des mesures de précaution mises en œuvre.**

3.3.2 Exemples

➔ Suivi d'habitats spécifiques en France métropolitaine – Exemple du port de Lorient

Dans le cadre des immersions des dépôts de dragage du port de Lorient au large de l'île de Groix, un suivi vidéo sous-marin a été mis en place sur 17 points de suivi (sur et hors zone d'immersion) afin notamment de suivre l'impact des clapages successifs sur le milieu marin classé Natura 2000 dans le cadre du site « Ile de Groix ».

La zone d'immersion (Etat de référence avant les immersions) est en effet caractérisée d'après la carte biosédimentaire de Glémarec et celle du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (Carte 7031G) par deux habitats d'intérêt communautaires :

- 1110-3 - Sables grossiers et graviers, bancs de maërl (façade atlantique) ;
- 1170-5 - La roche infralittorale en mode exposé (façade atlantique).

Ce suivi vidéo, grâce aux différentes séquences, fournit une analyse de la faune, de la flore et du sédiment superficiel. Il a notamment permis de caractériser les impacts sur le site d'immersion sous forme de légers dépôts de sédiments sur les algues encroûtantes rouges, et l'absence de faune et de flore sur certaines stations.

➔ Exemple d'un suivi d'impact sur herbier en Méditerranée française

Dans le cadre d'opérations de dragage et de rechargement de plages dans le Golfe d'Aigues-Mortes, d'importantes remises en suspension de matériaux fins à proximité d'herbiers de Posidonie ont justifié la mise en œuvre d'un suivi du panache turbide sur la zone de travaux et de l'altération de la qualité des eaux au droit des herbiers.

Les suivis du panache turbide ont été réalisés par surveillance aérienne et ont confirmé une importante dispersion sous certaines conditions de vent.

Au moyen de capteurs submersibles de lumière (luxmètres), des mesures de l'intensité lumineuse ont été réalisées au niveau des herbiers de posidonies situés sur le plateau rocheux qui s'étend entre Palavas et la Grande Motte.

Ces mesures de luminosité ont été effectuées entre les mois d'octobre 2007 et de juillet 2008, c'est-à-dire avant, pendant et après les travaux de rechargement des plages du golfe d'Aigues-Mortes. Elles visaient à détecter dans les zones d'herbiers, d'éventuels panaches turbides issus des travaux de dragage et de rechargement des plages, Ces panaches peuvent en effet affecter l'état de santé des posidonies en réduisant la clarté de l'eau et en conséquence la pénétration de la lumière du soleil jusqu'aux posidonies.



Figure 18 : Panache turbide généré par les dragages de la Flèche de l'Espiguette pour le rechargement du Golfe d'Aigues-Mortes

(Source : Créocéan)

Il n'a pas été possible de démontrer un réel impact des travaux de dragage et de rechargement sur la clarté des eaux au niveau des stations de suivi. Les valeurs étaient souvent très basses et lorsque les seuils d'alerte étaient dépassés, les conditions météorologiques (crue des fleuves, pluies abondantes, décharge des étangs littoraux) pouvaient, au moins en partie, expliquer les résultats, masquant un effet possible des travaux.

L'intensité lumineuse qui arrive à proximité des fonds à - 10 m de profondeur, n'est jamais importante, toujours inférieure à 6 % de la lumière de surface à 1 m au-dessus des fonds et 9,4 % à 3 m au-dessus des fonds, Par ailleurs les vents marins ont un impact important sur la turbidité des eaux. Ces valeurs mettent en évidence la turbidité naturelle des eaux du golfe d'Aigues-Mortes, ce qui explique sans doute la faible vitalité des herbiers dans ce secteur.

(Source : Ville de Mauguio – SIVOM des communes littorales de la Baie d'Aigues-Mortes. Suivi environnemental de la luminosité au niveau des herbiers de Posidonies. Synthèse des douze campagnes de suivi. CREOCEAN, juillet 2008)

➤ Suivi du taux de sédimentation à proximité d'habitats coralliens – cas du port de Kingston

Dans le port de Kingston en Jamaïque, un suivi du taux de sédimentation des matériaux du panache turbide a été entrepris en 2002 à proximité des zones de dragage et d'immersion, lors d'une opération de dragage de 16 jours consécutifs. Des pièges à sédiments ont été déposés sur ces sites et sur une station de référence. Après plusieurs jours d'immersion, les taux de sédimentation ont été calculés par analyse des contenus des pièges. La disposition à la surface et au-dessus du substrat a permis d'évaluer la charge provenant du panache de fond et la charge provenant des sédiments présents dans la colonne d'eau. Le rapport de suivi n'indique pas de difficulté particulière d'interprétation des résultats. La station de référence permet d'évaluer la part de sédimentation imputable à l'action de la houle sur les fonds.

(Source: Final monitoring report, Dredging and reclamation program in Kingston Harbour, 2002, The Port Authority of Jamaica)

A noter que des exemples de développement d'outils de mesure spécifiques *in situ* de la sédimentation et du taux de matière en suspension sont attestés sur des projets spécifiques à fort enjeu tels que les dragages préalables à la construction du port de Cape Lambert, en Australie occidentale.

3.3.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi de la flore aquatique et des algues sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » :

- Suivi de la flore aquatique – fiche n°8
- Suivi des algues – fiche n°9

3.4 Flore rivulaire

3.4.1 Opportunités du suivi

La flore rivulaire regroupe l'ensemble des végétaux qui bordent un cours d'eau. Cette bande végétale, s'étend sur une largeur jusqu'à 30 m maximum. Elle assure le maintien des berges, participe à l'épuration de l'eau par l'absorption des nutriments (azote et phosphate). Les zones portuaires étant souvent adjacentes de zones naturelles, les travaux d'aménagement faisant appel à des dragages peuvent avoir un impact sur la végétation.

Seules les opérations de dragage réalisées en zones estuariennes sont susceptibles d'être concernées par un suivi de la flore rivulaire.

Les installations portuaires déjà en place sont généralement peu pourvues en flore rivulaire du fait des constructions présentes. Les dragages d'entretien réalisés à l'intérieur des bassins d'un port ne peuvent donc pas être concernés par ce type de suivi. Par contre, la construction de nouvelles infrastructures, qui empièteraient sur les rives naturelles seront concernées. Indirectement, les travaux de dragage dans une zone estuarienne peuvent modifier le régime hydro-sédimentaire en aval et entraîner des impacts sur la végétation à des distances plus vastes (variation de salinité, envasement...).

Un suivi de la flore rivulaire sera justifié au niveau de la zone de travaux dans le cas de dragages destructifs si la berge reste libre et est susceptible d'être à nouveau végétalisée. Dans le cas de berges « bétonnées », la revégétalisation ne sera plus possible auquel cas, le suivi ne sera pas nécessaire au droit de la zone de travaux. Si le régime hydro-sédimentaire a été modifié par les travaux, un suivi pourra également être réalisé pour vérifier les impacts subis par la flore et surveiller sa restauration.

3.4.2 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi de la flore rivulaire sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » : [suivi de la flore rivulaire – fiche n°10](#).

3.5 Ichtyofaune

3.5.1 Opportunité du suivi

On rappellera qu'en l'état actuel des connaissances, la sensibilité majeure des poissons face aux opérations de dragage et d'immersion réside dans :

- le risque de destruction des juvéniles et des adultes de la communauté benthodémersale ;
- le risque d'altération des frayères ;
- le risque d'altération des nourriceries ;
- le risque de perturbation des voies de migration.

La communauté pélagique ne subit en principe que des impacts indirects qui ne nécessitent *a priori* pas de suivi sous forme d'investigations de terrain.

Si les frayères et nourriceries sont des éléments-clés pour la dynamique des peuplements halieutiques, aucun protocole standardisé n'existe pour les investigations sur ces milieux spécifiques. L'IFREMER fournit néanmoins quelques préconisations techniques pour des opérations de surveillance de terrain à mettre en œuvre dans le cas où la bibliographie disponible ou les connaissances locales indiquent l'existence d'une telle zone d'intérêt majeur sur le site prévu pour le dragage ou l'immersion.

Les suivis des juvéniles et adultes de la communauté benthodémersale réalisés aujourd'hui, suivent le plus souvent des protocoles basés sur l'utilisation de techniques de pêche professionnelles employées localement ainsi que sur des protocoles standardisés mis en œuvre dans le cadre de la DCE.

➤ **Les suivis de l'ichtyofaune fournissent une information sur la structure du peuplement local. Leur pertinence est essentiellement avérée pour les espèces benthodémersales à faible mobilité.**

3.5.2 Exemples

➔ **Suivi des impacts des dragages sur l'ichtyofaune – Exemple du Grand Port Maritime de Rouen**

L'étude de l'influence des opérations de dragage sur l'état des espèces migratoires amphihalines dans l'estuaire de la Seine a été inscrite au programme de suivi du Grand Port Maritime de Rouen.

Le Port a mené une réflexion sur les éventuels prélèvements directs de poissons par la drague lors de son activité en partenariat avec différents acteurs : Maison de l'Estuaire, Cellule de Suivi du Littoral Normand (CSLN), Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins. Après plusieurs propositions de techniques d'échantillonnages, le GPMP a retenu une première expérimentation avec échantillonnage dans la phase aqueuse des eaux de surverse du puits de la drague.

Les expérimentations sont opérées par le CSLN et ont permis de tester la validité du protocole d'échantillonnage mis en œuvre. Les premiers résultats (2008 – 2009) mettent en évidence une prise effective et chronique de poissons et macrocrustacés sur des fonds dragués quotidiennement et réputés biologiquement pauvres. Par ailleurs, la technique ne semble pas apte à retenir les individus les plus grands qui demeureraient davantage associés à la phase solide du rejet.

Le port poursuit aujourd'hui ses réflexions sur l'étude de l'ichtyofaune et souhaite améliorer son suivi, y compris à terme dans la phase solide.

3.5.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi de l'ichtyofaune sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » : [suivi de l'ichtyofaune– fiche n°11](#).

3.6 Avifaune

3.6.1 Opportunités du suivi

Les suivis de l'avifaune dans le cadre d'opérations de dragage et d'immersion peuvent avoir pour objectifs de :

- déterminer les impacts subis par les communautés en place ;
- et suivre l'état global de l'écosystème car l'avifaune et particulièrement les oiseaux marins « constituent un indicateur potentiel du bon état écologique du milieu marin, les modifications de ce milieu et notamment les variations de l'abondance des ressources alimentaires [...] pouvant affecter rapidement les populations d'oiseaux qui en dépendent » (Cadiou, 2011).

Dragage

Au vu des retours d'expérience disponibles, les impacts sur l'avifaune pouvant justifier de suivis spécifiques sont les dégradations / destructions d'habitats clés estuariens ou côtiers pour les oiseaux, dus à des dragages dans le cadre de travaux neufs. Les suivis peuvent alors s'inscrire dans trois cadres bien distincts :

- **suivis préalables aux travaux** pour établir un état initial robuste sur les espèces présentes et les habitats voués à être dégradés. Ce type de suivi sert notamment à définir les besoins en mesures compensatoires (recréation d'habitats par exemple) ;
- **suivis en temps réel** (pendant les travaux) pour évaluer la perturbation effective des espèces en place ;
- **suivis post-travaux** de court à moyen terme pour évaluer l'efficacité de mesures réductrices ou compensatoires.

Les retours d'expérience existant à l'étranger témoignent de la mise en œuvre de ce type de suivi dans des cas d'aménagements portuaires en milieu estuarien (voir exemples). A noter la particularité de ce cas de figure, où l'impact n'est pas uniquement du à l'opération de dragage mais à l'aménagement du site dans son ensemble.

Immersion

Les exemples de suivis de l'avifaune sur les sites d'immersion sont plus rares et de fait, leur justification dans une logique d'évaluation d'incidence est moins évidente. Les impacts potentiels existants au niveau d'une zone d'immersion sont les impacts sur les ressources alimentaires :

- **Accroissement des proies** : attrait de poissons en phase de clapage par remise en suspension de débris d'organismes benthiques issus des dragages ;
- **Diminution des proies** : présence moindre d'espèces malacophages ou piscivores exploitant la faune benthique (elle-même dégradée par les clapages) ;
- **Aucun** : les proies sont des espèces piscivores exploitant les bancs de poissons circulant sur la zone (de passage simplement) et non affectés par l'activité.

L'observation d'une zone donnée permet de savoir si cette zone est exploitée par l'avifaune marine. La répartition d'oiseaux marins sur une zone maritime donnée est régie par un ensemble varié de facteurs : profondeur des fonds, proximité du littoral et des sites de nidification, localisation de voies migratoires, présence d'îlots servant de reposoirs, proximité de navires marchands ou de pêche, présence de nourriture, etc. La réalisation d'études comparatives est plus complexe du fait de ces nombreux facteurs d'influence potentiels et de leur variabilité propre.

Au vu des étendues mises en jeu et de nos limites de compréhension de ces facteurs d'influence, il est difficile de conclure par de simples observations comparatives :

- d'une part, sur l'influence d'une activité d'immersion sur la répartition des oiseaux sur une zone ;
- d'autre part, sur la signification que pourrait traduire une différence de répartition en termes d'impact sur les populations.

On notera que de nombreux réseaux de surveillance sont en place sur les zones majeures d'intérêt, opérées par des groupes ornithologiques et des associations environnementalistes, ainsi que le programme PACOMM (Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Oiseaux et les Mammifères Marins en France métropolitaine) mis en place par l'Agence des Aires Marines Protégées de 2011 à 2014. Ces observations peuvent être des sources d'information suffisantes si elles sont concordantes avec les besoins de suivi d'états initiaux.

⇒ On retiendra que, dans une logique d'évaluation d'incidences, les opportunités du suivi de l'avifaune concernent essentiellement les suivis préalables aux travaux permettant de connaître la fréquentation d'un site en vue de l'étude des impacts. En termes de suivi post-opérations, il est recommandé que les dragages amenés à dégrader des habitats clés de nidification ou de repos d'espèces dans le cadre d'aménagements neufs, fassent l'objet d'un suivi après travaux.

3.6.2 Exemples

Suivi de l'avifaune sur le projet de London Gateway

Le Projet London Gateway de DP World comprend la conception et le développement d'un port pour conteneurs de haute mer, sa logistique et son parc commercial, le développement et l'amélioration du réseau estuarien. Le site est localisé dans une zone de protection spéciale (ZPS) à la fois marine et terrestre, au titre de la directive « Oiseaux » et dans un site d'intérêt communautaire (SIC) au titre de la directive « Habitats, Faune et Flore ». Un accord de réduction, compensation et suivi d'impacts spécifique aux travaux maritimes a été engagé. Des dragages par dragues hydrauliques sont nécessaires sur le chenal et les zones adjacentes aux nouveaux aménagements.

Un groupement consultatif sur l'écologie du projet (*Ecological Advisory Group*) a fourni un cadre de discussion sur les enjeux du projet entre le maître d'ouvrage et les parties prenantes, dont les services de l'état, l'Autorité portuaire, les organisations non gouvernementales et autres.



Figure 19 : Estuaire de la Tamise
(Source : DP World)

Un programme détaillé de suivi de l'avifaune a été établi pour fournir des données de base robustes sur les populations d'oiseaux présents sur le site. L'étude et le suivi des fonctionnalités des habitats ont également été entrepris afin de fournir les informations nécessaires pour concevoir et gérer les mesures d'atténuation et de compensation d'habitats à différents endroits dans les environs.

Les résultats d'un suivi de la reproduction des oiseaux effectué par Cambridge Ecology ont montré que la zone d'étude contenait un ensemble diversifié d'oiseaux, typique des habitats de prairies, marais et espaces agricoles. Par ailleurs, les zones intertidales devant être draguées représentaient une importante ressource alimentaire.

Ces observations ont justifié la mise en œuvre de mesures compensatoires : création d'habitats pour les oiseaux nicheurs d'une part (roselières, étangs, fossés, haies, prairies et broussailles), et amélioration du potentiel d'alimentation (réalignement des défenses maritimes existantes pour permettre aux prairies d'herbières de se développer en suivant les vasières d'inondation par la mer).

Suivi de l'avifaune sur le site d'immersion de la Lambarde – Nantes Saint-Nazaire

Dans le cadre de l'autorisation d'immersion à la Lambarde des vases de dragages du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, la DREAL Pays de la Loire a demandé qu'une étude de la fréquentation par l'avifaune de la zone d'immersion soit réalisée. Ce suivi s'inscrit dans un contexte environnemental particulier : toute la zone d'immersion est en effet située dans la ZPS « Estuaire de la Loire – Baie de Bourgneuf ».

Le suivi consistait à relever les espèces fréquentant la zone d'immersion et à observer ce qu'elles y font (survol, alimentation, poursuite de navires, ...) afin d'évaluer leur intérêt pour la zone.

Au vu des données collectées, il n'est pas possible de déterminer les impacts réels du clapage sur les oiseaux du secteur. Néanmoins, l'étude a permis de mettre en évidence que cette opération n'est pas un obstacle à la présence de cortèges classiques d'oiseaux de mer dont certains d'intérêt européen dans cette partie du Golfe de Gascogne.

L'évaluation des incidences de l'immersion à l'échelle de l'estuaire externe est néanmoins impossible, du fait de nombreux autres facteurs susceptibles d'expliquer la répartition des espèces.

3.6.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi par observation sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » : [Suivis de l'avifaune - fiche méthodologique n°12](#).

3.7 Mammifères marins

3.7.1 Opportunités du suivi

En l'état actuel des connaissances des impacts potentiels sur les mammifères marins, le déclenchement de suivis spécialisés doit être réservé aux cas exceptionnels de fort enjeu (dragage ou immersion à proximité d'un reposoir de phoques par exemple).

Une connaissance suffisante de la fréquentation des sites est nécessaire pour la détermination des impacts et donc des opportunités de suivi. Il existe un certain nombre d'institutions privées ou publiques liées à la biologie marine et qui effectuent régulièrement des suivis sur ces espèces. Sur le littoral atlantique, le suivi est effectué par le Centre de Recherche sur les Mammifères Marins de La Rochelle qui participe à divers programmes de suivi et d'observation tels que ROMER, SCANS-2, et REMMOA. En Manche, le Groupe Mammalogique Normand œuvre à la connaissance et à la protection des mammifères de Normandie, notamment marins. En Méditerranée, le Groupe d'Études des Cétacés en Méditerranée (GECEM), participe entre autres, au programme LIFE LINDA.

Les techniques de suivis de mammifères marins disponibles reposent essentiellement sur des observations permettant d'apprécier leur fréquentation d'une zone donnée. Ce type de suivi peut éventuellement être adapté au contexte des opérations de dragage et d'immersion :

- en temps réel, juste avant les travaux et pendant le déroulement des opérations, afin de vérifier l'absence d'individus dans des périmètres de sécurité adaptés, et le déclenchement de mesures correctives (retardement des travaux, effarouchement...);
- à moyen terme, pour apprécier la fréquentation de l'habitat impacté par les individus hors période de travaux. Les échelles d'observation mises en jeu et la variabilité des observations limitent cependant l'interprétabilité de telles investigations.

Pour les impacts liés à la contamination des milieux, à l'intégration des contaminants dans la chaîne trophique et leur accumulation chez les gros prédateurs, seul un suivi de la qualité des milieux peut permettre d'apprécier le risque encouru pour les mammifères marins.

⇒ L'opportunité de suivre les mammifères marins est limitée pour la plupart des cas de figure de dragages connus, étant donné les enjeux associés à ces opérations et la difficulté d'interpréter des observations réalisées à des échelles bien plus vastes que les périmètres de travaux. Ceci n'exclut pas l'utilité d'un tel suivi sur des sites particuliers à fort enjeu.

3.7.2 Exemples

Aucun exemple de suivi spécifique de mammifères marins pour des opérations de dragage et d'immersion n'a été relevé dans la littérature. A noter un exemple de suivi particulier : le port de Dunkerque réalise un suivi indirect de la toxicité des milieux fréquentés par les mammifères. Des études biennuelles de la qualité physico-chimique (métaux, PCB, HAP, TBT,...) et des tests d'écotoxicité de bivalves sont réalisés deux fois par an sur les bancs reposoirs fréquentés par les phoques veaux marins.

3.7.3 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi par observation sont présentées dans l'annexe technique « Méthode de suivis » : [Suivis des mammifères marins - fiche méthodologique n°13](#).

4 Espaces et usages

Composantes

↻ Activité de pêche :

- Ressources halieutiques (qualité, état de conservation),
- Matériel de pêche.

↻ Activité de cultures marines : produits d'élevage (qualité, quantité, état de conservation),

↻ Activité de baignade : qualité des eaux ;

↻ Usage général du plan d'eau : navigabilité ;

↻ Patrimoine naturel : état de conservation des habitats d'intérêt communautaire.

Principaux facteurs de sensibilité

↻ Dragages

- Localisation des dragages par rapport à des zones de plus forte sensibilité : risque d'impact direct ;
- Techniques de dragage et conditions hydrodynamiques : risque de dispersion de matières en suspension ;
- Qualité des matériaux prélevés.

↻ Immersions

- Localisation des immersions par rapport à des zones de plus forte sensibilité : risque d'impact direct par enfouissement de sites ;
- Techniques de dragage et conditions hydrodynamiques : risque de dispersion de matières en suspension ;
- Qualité des matériaux immergés.

4.1 Habitats

4.1.1 Opportunités du suivi

Selon l'approche retenue pour l'évaluation des impacts sur les habitats, les suivis d'habitats peuvent se baser sur le suivi de leurs espèces constitutives les plus représentatives. Le suivi des communautés benthiques pourra, par exemple, permettre d'évaluer les impacts subis par un habitat typique de substrat meuble tandis qu'un suivi d'herbier constituera un suivi d'habitat à part entière, les herbiers constituant les espèces clés de voûte de ces habitats.

➔ **Dans ce cas, l'opportunité de tels suivis peut être appréciée directement à partir de l'opportunité de suivre la ou les espèces concernées** (voir sous-chapitres précédents).

Dans le cas spécifique des habitats d'intérêt communautaire, le suivi peut faire appel à la notion plus complexe d'état de conservation. L'objectif de ce type de suivi est alors d'évaluer l'évolution de l'état de conservation d'habitats pouvant être impactés directement ou indirectement par les immersions ou les dragages. L'évaluation de l'état des habitats d'intérêt communautaire fait appel à la notion **d'état de conservation**. L'état de conservation d'un habitat est considéré comme favorable lorsque :

- son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension,
- la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible,
- l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable.

Néanmoins ces définitions génériques sont appliquées à l'échelle d'un domaine biogéographique mais ne sont pas directement applicables à une échelle plus locale (celle d'un site Natura 2000 par exemple). C'est pourquoi une notion plus appliquée du **bon état de conservation d'un habitat marin** à l'échelle du site est disponible¹⁷ :

- ses structures caractéristiques sont présentes et les fonctions spécifiques et nécessaires à son maintien sont assurées ;
- il ne subit aucune atteinte susceptible de nuire à sa pérennité ;
- les espèces qui lui sont typiques peuvent s'exprimer et assurer leur cycle biologique.

Dans ce contexte le MNHN a proposé en février 2011, une méthodologie pour l'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000.¹⁸

Il propose à ce titre un certain nombre de paramètres et de descripteurs de l'état de conservation pour chaque type d'habitat d'intérêt communautaire marin. Dans une optique de suivi d'incidences, et dans un souci d'harmonisation des approches de surveillance, cette liste de paramètres et de descripteurs constitue une base pertinente pour l'élaboration des protocoles de suivis.

¹⁷ Lepareur F., 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. Février 2011. Rapport SPN 2011 / 3, MNHN, Paris, 55 pages.

¹⁸ http://www.mnhn.fr/spn/docs/rapports/SPN%202011%20-%203%20-%20Rapport_EC_habmar_V1final2.pdf.

Remarque : si la mesure de descripteurs de structure et de fonctionnalité contribue à la détermination de l'état de conservation d'un habitat, la prise en compte des notions d'aire de répartition et de superficie est également indispensable. Autrement dit, une variation de structure ou de fonctionnalité constatée en une zone donnée dans le cadre d'un suivi (zone impactée par une opération de dragage ou d'immersion par exemple) doit pouvoir être appréciée au regard de la superficie globale occupée par l'habitat à l'échelle du site considéré, pour juger de l'impact relatif sur l'état de conservation.

A ce titre, pour qu'un suivi soit pertinent, il est préférable de disposer au préalable, d'une cartographie et d'une évaluation de l'état de conservation de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000¹⁹.

4.1.2 Méthodes de suivi

Les méthodes de suivi des habitats sont les méthodes décrites par ailleurs dans ce guide pour les composantes spécifiques de ces habitats.

¹⁹ Une démarche intitulée « Inventaires biologiques et analyse écologique de l'existant – Natura 2000 en mer ».est aujourd'hui portée par l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) à la demande du MEDDTL. Elle vise à réaliser la base cartographique des sites Natura 2000 en mer désignés au titre de la Directive « Habitat-Faune-Flore » (DHFF) et à évaluer l'état de conservation des habitats naturels marins et des habitats d'espèces marines d'intérêt communautaire à l'échelle de chaque site.

4.2 Zones de pêche et de cultures marines

4.2.1 Opportunités du suivi

Le suivi des zones de pêches et de cultures marines peut reposer sur deux types d'observations complémentaires :

- Un suivi direct des peuplements d'intérêt halieutique ou des animaux d'élevage : il concerne la qualité microbiologique ou chimique des produits de pêche ou d'élevage ou la structure des peuplements eux-mêmes (diversité, abondance, etc.) ;
- Un suivi des composantes environnementales dont ils dépendent : il peut concerner la qualité des eaux ou la nature des fonds.

Le tableau 3 fait le lien entre les différents objectifs de suivi, les paramètres et indicateurs correspondant et les limites d'interprétation associées.

Tableau 3 : Paramètres de suivi potentiels des zones de pêche ou de cultures marines

Paramètre	Objectif de suivi	Indicateur	Point de référence	Limite d'interprétation
Qualité de l'eau	Evaluation et contrôle du risque d'altération des produits en phase travaux par suivi de la dispersion du panache turbide	Turbidité	Turbidité moyenne annuelle	Variation naturelle de la turbidité Méconnaissance de la qualité des matériaux
	Intégration à long terme afin d'évaluer l'altération physico-chimique des eaux d'élevage	Contaminants chimiques	Concentrations à l'état initial	Détermination des sources de pollution
Qualité microbiologique des coquillages d'élevage ou de zones de pêche	Evaluation de l'incidence de l'altération de la qualité de l'eau et des sédiments sur la qualité sanitaire des produits	Contamination microbiologique des produits	Concentrations à l'état initial Norme sanitaire	Détermination des sources de pollution
Qualité chimique des produits des coquillages d'élevage ou de zones de pêche	Evaluation de l'incidence de l'altération de la qualité de l'eau et des sédiments sur la qualité sanitaire des produits	Contamination chimique des produits	Concentrations à l'état initial Norme sanitaire	Détermination des sources de pollution
Espèces d'intérêt halieutique	Evaluation de l'impact des dragages et des immersions sur les populations de poissons et de crustacés benthiques à valeur commerciale	Abondance Diversité Structure	Abondance, diversité, structure à l'état initial	Echelle d'interprétation locale uniquement
Bathymétrie et morphologie des fonds	Evaluation du risque d'altération du matériel traînant par modification des fonds	Pentes, faciès	Morphologie initiale	Précision des levés : marge d'erreur par rapport à la variation effective de la bathymétrie. Variations naturelles de la hauteur des fonds

4.2.2 Exemples

➤ **Suivi des ressources halieutiques sur le site d'immersion de la Lambarde**

Le GPMNSN réalise des dragages du chenal de la Loire, des souilles qui lui sont adjacentes et des zones d'évitage dans le but de garantir un accès sécurisé aux navires. Les sédiments sont ensuite clapés sur la zone d'immersion de la Lambarde.

Cette zone, caractérisée par des fonds sablo-vaseux et sous l'influence du panache estuarien, pourrait correspondre à une zone regroupant des nourriceries de poissons. Des études réalisées par IFREMER dans le cadre du programme PECOSUDE indiquent que les principales espèces pêchées dans le secteur de la Lambarde sont des espèces à haute valeur commerciale telles que la sole, le bar, les crevettes bouquet et grises, les tourteaux et les seiches.

Un suivi a été mis en place par le GPMNSN d'octobre 2010 à octobre 2012 afin d'enrichir les connaissances sur les ressources halieutiques du site d'immersion et d'évaluer l'impact des immersions à la Lambarde. Les objectifs de ces suivis étaient :

- d'identifier les peuplements d'espèces benthiques et de poissons dans la zone d'immersion et ses alentours ;
- de déterminer les éventuels impacts des clapages sur les espèces identifiées ;

Les données récoltées lors des suivis (inventaire ichtyologique, paramètres physiques, caractéristiques des traits des chaluts) ont servi à alimenter une base de données et à établir des cartes de répartition spatiale des différentes données mesurées.

Ont été déterminés, en plus des paramètres environnementaux (salinité, pH, oxygène dissous) :

- l'occurrence de chaque espèce,
- le pourcentage de juvéniles dans les différents traits de chalut, leur densité et leur taille à différents âges,
- les habitats préférentiels pour chaque stade de poissons,
- le taux de croissance pour les espèces les mieux représentées.

➤ **Suivis des gisements de coquilles Saint-Jacques et des zones de conchyliculture à la Trinité-sur-Mer**

La zone de clapage des déblais de dragage du port de la Trinité-sur-Mer étant localisée à proximité d'un gisement de coquilles Saint-Jacques exploité par les pêcheurs professionnels, un suivi de la teneur en contaminants de la chair des coquillages a été mis en œuvre avant et après la réalisation des travaux de dragage. Les prélèvements ont été effectués sur trois stations de suivi à proximité de la zone d'immersion et une station de suivi située hors zone d'influence du site d'immersion.

Si les suivis ont mis en évidence des variations globales de la qualité des produits sur l'ensemble de la zone (zone de dépôt et zone témoin), ils se sont également heurtés à l'influence des variations saisonnières de la physiologie des animaux. En effet d'importantes variations physiologiques entraînent une variabilité importante des teneurs en métaux dans les coquillages selon les saisons : le maximum se situe autour de février et le minimum autour de novembre. Lorsque cela est possible, ces périodes seront privilégiées pour les prélèvements. En pratique, la nécessité de réaliser les prélèvements dans des délais courts avant et après les travaux limitent les marges de manœuvre. Les suivis ont notamment mis en évidence de nettes diminutions des teneurs en HAP et PCB totaux, dues à l'évolution saisonnière des conditions physiologiques des coquilles.

La prise en compte de ces spécificités est préconisée dans l'annexe méthodologique.

4.3 Autres activités

Comme cela est illustré dans l'annexe technique « Effets et impacts », les enjeux sur d'autres types d'usages et d'activités que la pêche et l'aquaculture sont relativement limités. Du moins on peut penser que le suivi de ces activités est peu pertinent autant en termes techniques que d'objectifs d'évaluation environnementale. On considérera ici uniquement la baignade.

4.3.1 Opportunités du suivi

Concernant la **qualité des eaux de baignade** on notera que les opérations de dragage et d'immersion sont généralement réalisées hors période sensible, c'est-à-dire en dehors des mois estivaux (à nuancer en fonction des régions en tenant notamment compte des baignades quasi-annuelles en Méditerranée ou sous des latitudes plus méridionales). Si un besoin de suivi s'avérait néanmoins nécessaire, quelques préconisations succinctes relatives au suivi de la qualité des eaux peuvent être faites.

Les suivis réguliers réalisés par l'ARS dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux de baignade peuvent s'avérer insuffisants ou inadaptés en raison de la dynamique du risque de contamination. Ils sont en effets réalisés avec une fréquence d'environ 10 jours et le délai d'analyse est de 48 heures. Les résultats obtenus sont ainsi ponctuels et *a posteriori* et ne permettent pas de prévenir les risques de pollution occasionnels.

Dans le cadre de leurs obligations vis-à-vis de la nouvelle directive baignade, les communes doivent réaliser, en parallèle de la surveillance réglementaire des eaux de baignade effectuée par l'ARS, un autocontrôle complémentaire de leurs eaux de baignade appuyant une démarche de gestion active (analyse chaque matin avant l'ouverture des plages) et de gestion de crise (à tout moment de la journée sur demande express des communes). Les méthodes d'analyses effectuées dans le cadre de ces contrôles fournissent des résultats quasi instantanés.

Plusieurs techniques d'analyses rapides existent (méthodes enzymatiques rapides, *polymerase chain reaction*), variant en fonction des sociétés auxquelles les communes confient le contrôle de la gestion active de leurs eaux de baignade.

Une analyse bactériologique préalable des sédiments pourra permettre d'apprécier le risque inhérent aux opérations de dragage et d'immersion considérés. Une surveillance de la qualité des eaux et de la dispersion du panache turbide pourra également constituer un niveau de contrôle amont supplémentaire.

Si un suivi de la qualité des eaux de baignade est ensuite jugé nécessaire, un rapprochement du maître d'ouvrage avec les collectivités est préconisé dans une optique d'optimisation de la surveillance en place pendant la période de travaux.

Chapitre 5 - Etudes de cas

L'objectif principal de ce guide est l'accompagnement du lecteur dans sa réflexion sur la mise en œuvre et la réalisation d'un programme de suivi d'opérations de dragage et d'immersion. Il fournit à ce titre une compilation d'informations thématiques, d'exemples et d'outils méthodologiques dans les chapitres précédents et dans les annexes techniques, supports de cette réflexion.

Le présent chapitre vise à illustrer l'application de ce guide au travers de différentes **mises en situations fictives**. **Trois cas d'étude simplifiés** ont été élaborés de manière à établir des situations représentatives des problématiques les plus courantes pour différents types de ports. Ces trois cas ne couvrent évidemment pas l'ensemble des configurations de projets envisageables. Les solutions de suivi présentées pour chaque cas doivent être considérées comme un exemple parmi un ensemble de solutions possibles. L'objectif est d'illustrer une réflexion et non de fournir une solution clé pour les projets présentant un contexte similaire au cas décrit.

- **Cas n°1 : dragage d'entretien annuel de faible volume sans enjeu de contamination**

L'exemple décrit une situation de dragage d'entretien d'un petit port de pêche, de fréquence annuelle portant sur un volume réduit de matériaux faiblement contaminés. L'immersion est réalisée sur un site dispersif, mais la proximité d'usages dépendant de la qualité des eaux entraîne une réflexion sur les enjeux associés à la remise en suspension de matériaux dans la colonne d'eau.


- **Cas n°2 : dragage d'entretien exceptionnel de faible volume avec enjeu de contamination,**

L'exemple décrit une situation de dragage d'entretien moins fréquente (opération décennale) d'un port de plaisance méditerranéen, portant sur des volumes moyens de matériaux présentant des taux de contamination relativement élevés pour quelques polluants associés à l'activité historique du port et du bassin versant. Les enjeux en termes de qualité des milieux s'expriment au niveau du port du fait des usages avoisinants et au niveau du site d'immersion, du fait du caractère conservatif du site et des enjeux de biodiversité du secteur.

- **Cas n°3 : dragages liés à des travaux neufs à fort volume.**

L'exemple décrit une situation de travaux neufs pour l'aménagement d'une extension portuaire. Les dragages portent sur de forts volumes en milieu exposé présentant un faible niveau de contamination. Les enjeux s'expriment sur les sites de travaux par la taille des travaux ainsi qu'au niveau d'habitats sensibles situés à proximité de la zone de dragage et d'usages pour la pêche sur le site d'immersion.

Chaque cas se compose d'une présentation introductive du contexte global de l'opération, puis séparément pour le dragage et l'immersion, d'un chapitre présentant successivement le contexte de l'opération, son évaluation environnementale, et une réflexion sur la définition du programme de suivi.

Pour accompagner la réflexion, des renvois à des parties cibles du guide sont signalées par le pictogramme .

1 Etude de cas n°1 : dragage d'entretien annuel de faible volume sans enjeu de contamination

1.1 Contexte

Le cas étudié est celui d'un port de pêche de taille moyenne situé sur la côte atlantique, nécessitant le renouvellement d'une autorisation de dragage d'entretien annuel. Pour conserver la capacité de navigation et assurer la sécurité des navires, les autorités portuaires ont mis en œuvre un programme de dragage d'entretien de fréquence annuelle. Un taux de sédimentation élevé dans le chenal d'accès aux bassins entraîne une accumulation de matériaux qui nécessite un besoin de dragage estimé à environ 10 000 m³ par an. Les dragages sont réalisés par une drague hydraulique et les rejets sont faits par clapage en mer.

1.2 Cas de la zone de dragage

1.2.1 Contexte du site portuaire

Les sédiments en provenance de l'océan pénètrent dans le chenal sous l'action des houles et des courants de fond. L'exutoire d'un cours d'eau en fond de darse fournit un apport en matériaux plus fins qui s'accumulent sur les fonds. La combinaison de ces deux phénomènes provoque un exhaussement relativement rapide des fonds.

Le suivi de la qualité des sédiments portuaires s'effectue au regard de l'arrêté du 14 juin 2000 et de sa circulaire d'application, repris par l'arrêté du 09 août 2006 et complété par l'arrêté du 23 décembre 2009. Les matériaux sont essentiellement sableux voire sablo-vaseux par endroit et les analyses de métaux lourds, PCB et TBT indiquent des niveaux de contamination inférieurs au seuil N1. Etant donné l'existence d'enjeux d'usages, la qualité bactériologique est également analysée. Celle-ci est variable en fonction des années.


Les fonds fréquemment remaniés sont relativement pauvres et dominés par des communautés benthiques dont la structure est caractéristique des premiers stades de recolonisation suivant une forte altération.

Un usage sensible à l'altération de la qualité des eaux est signalé dans le périmètre d'étude de la zone de dragage : une prise d'eau de mer contiguë à la digue, en dehors du port, pour l'alimentation de la criée. L'eau est utilisée pour le rinçage des produits de la pêche et peut être remplacée si besoin par un approvisionnement en eau douce. La criée ne dispose pas de dispositif de traitement de l'eau de mer spécifique.

1.2.2 Evaluation environnementale et définition des enjeux

■ **Quels impacts prévisionnels sur le milieu physique ?**

Ces dragages ont pour effet d'entretenir une bathymétrie et une géomorphologie constante d'une année sur l'autre, gage de la sécurité des navires. Les enjeux associés et donc les impacts sur la dimension physique des fonds seront *a priori* négligeables sur la zone draguée et sur les fonds avoisinants.

 *Effets et impacts sur le milieu physique : annexe technique 2 - chapitre 2*

- **Quels impacts prévisionnels sur la qualité des milieux ?**

La qualité des eaux pourra être temporairement altérée par remise en suspension de matériaux, dans un périmètre dépendant des conditions hydrodynamiques du site. Cet exemple étant celui d'une opération réalisée en milieu portuaire, on s'oriente vers un impact relativement restreint autour de l'opération. Une vigilance particulière peut être portée aux opérations réalisées à l'ouverture du port, au niveau du chenal d'accès.

📖 Effets et impacts sur la qualité des eaux : annexe technique 2 - chapitre 3

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu vivant ?**

Le prélèvement des matériaux entraînera le prélèvement et la destruction des communautés benthiques en place mais l'échelon d'impact doit être relativisé au regard de la richesse des peuplements. Etant donné le remaniement fréquent des fonds et le caractère anthropisé du milieu, on retiendra dans cet exemple que les communautés en place présente un intérêt limité, et qu'aucune mesure d'accompagnement spécifique n'est envisagée.

📖 Effets et impacts sur le benthos : annexe technique 2 - chapitre 4.1

- **Quels impacts prévisionnels sur les usages ?**

En contexte portuaire, la réflexion sous-jacente à la question de la qualité des eaux porte davantage sur les usages éventuels de cette ressource. Dans ce cas, l'évaluation repose sur le risque d'altération de l'eau au niveau de la prise d'eau de la criée. Dans le cas où le panache turbide viendrait atteindre cette prise d'eau, l'évaluation des risques de contamination des produits devrait être complétée d'une appréciation du processus de contamination sédiments – eau – produit. Ces deux évaluations au stade de l'étude d'impact sont complexes.

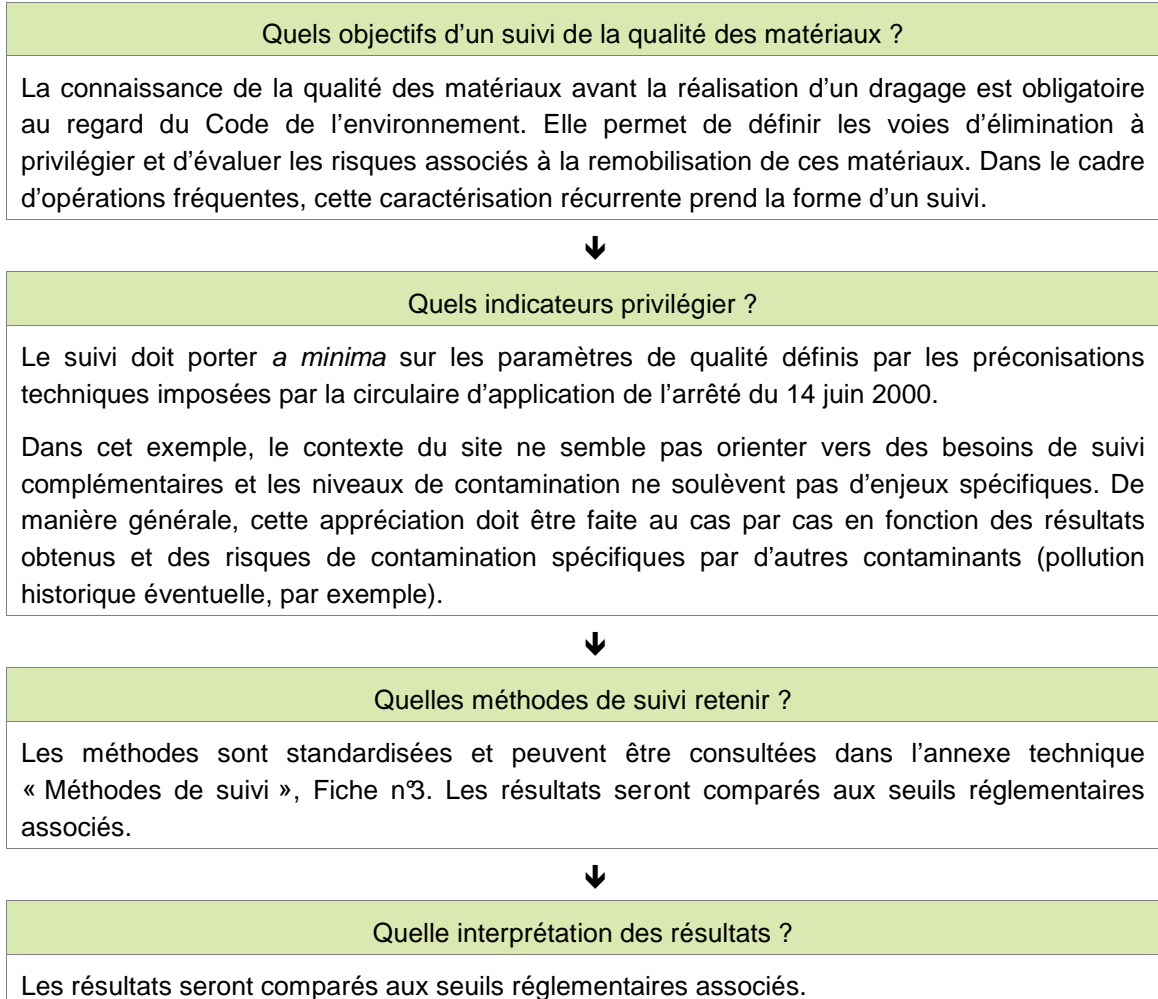
Dans le cadre de cet exemple, on peut considérer que la localisation à l'extérieur du port de la prise d'eau rend l'altération peu probable. Les observations des opérations passées peuvent permettre de confirmer ou nuancer ce risque. La prédiction de la qualité des eaux par remobilisation de matériaux et par comparaison aux normes de qualité éventuellement retenues pour l'usage en criée semble par ailleurs trop complexe. Au vu des analyses sédimentaires, le risque d'altération porte par ailleurs essentiellement sur les paramètres physiques de l'eau (oxygène dissous, matière en suspension, etc.).


📖 Effets et impacts sur les cultures marines et la pêche : annexe technique 2 - chapitres 6.1 et 6.2


🔗 Enjeux majeurs du projet au niveau du site de dragage

- Connaissance de la qualité des matériaux en vue de leur dragage et de leur immersion,
- Préservation de la qualité des eaux au niveau de la prise d'eau de mer du local de criée.

1.2.3 Réflexion sur la définition du programme de suivi

Suivis relatifs aux enjeux de qualité des matériaux


 *Réglementation française applicable aux opérations de dragage et d'immersion : annexe technique n°1*

 *Opportunités du suivi de la nature des fonds : guide méthodologique - chapitre 4.1.1*

 *Fiche méthodologique de suivi des sédiments : annexe technique 4 – fiche n°3*

Suivis relatifs aux enjeux de qualité des eaux et des usages sensibles
Quels objectifs d'un suivi de la qualité des eaux ?

L'objectif est d'assurer le maintien d'une qualité satisfaisante des eaux utilisée en criée lorsque celle-ci est en activité. Un suivi ne peut ainsi assurer cet objectif que s'il est associé à une action corrective adéquate (ici par exemple : approvisionnement en eau douce au lieu d'un approvisionnement en eau de mer). La mise en œuvre d'un tel suivi n'est pas nécessairement indispensable pendant toute la durée du projet mais uniquement lorsque les risques semblent réels (conditions hydrodynamiques défavorables, dragage en limite portuaire, etc.).


Quels indicateurs privilégier ?


Au vu des mécanismes en jeu et des moyens d'action corrective envisageables, il semble pertinent de retenir un indicateur traduisant la qualité des eaux en temps réel. A ce titre, le suivi de la turbidité pourrait être adapté.



Quelles méthodes de suivi retenir ?

Dans ce cas, il est possible que la criée dispose de son propre dispositif de surveillance de la qualité des eaux. Dans le cas contraire, les méthodes adaptées au suivi de cet indicateur en milieu naturel sont détaillées dans l'annexe technique « méthodes de suivi » - fiche n°4.


Quelle interprétation des résultats ?

L'objectif étant de pouvoir déceler si la qualité des eaux au niveau de la prise d'eau de la criée est altérée par le dragage, il semble pertinent de pouvoir comparer les observations au niveau de la prise d'eau aux valeurs d'une zone de référence dont on sait qu'elle sera stable pour le ou les paramètres suivis. L'interprétation des résultats consiste ici à définir si la variation de la qualité des eaux en période de dragage est significative et associée au panache turbide du dragage.

 *Opportunités du suivi de la qualité des eaux : guide méthodologique - chapitre 4.2.2 & Zoom sur la problématique des suivis en temps réels.*

 *Fiche méthodologique de suivi des eaux : annexe technique 4 – fiche n°4*

1.3 Cas de la zone d'immersion

1.3.1 Contexte du site d'immersion

La zone d'immersion se trouve à environ 5 km au large et sur des fonds d'une profondeur de 15 m à marée basse. Les fonds sont à dominante sableuse à la fois sur le site d'immersion et sur les fonds environnants, sur un vaste périmètre. Un grand estuaire localisé à proximité influence fortement la qualité des eaux et entretient des niveaux de turbidité relativement élevés. L'hydrodynamisme sur le site est important, dépendant essentiellement des courants de marée et, en moindre mesure, des vents. Ces conditions confèrent au site d'immersion une dispersivité relativement forte. Du fait des immersions annuelles, des conditions hydrodynamiques et sédimentaires de la zone, les fonds peuvent être considérés comme peu riches. Des élevages conchylicoles sont signalés à une distance de 10 km du site d'immersion.

1.3.2 Evaluation environnementale et définition des enjeux

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu physique ?**

Les dépôts vont entraîner la modification de la morpho-bathymétrie et de la morpho-sédimentologie du site. La forte dispersivité du site et le volume limité de matériaux laisse prévoir un impact prévisionnel modéré sur cette caractéristique du site.

📖 Effets et impacts sur le milieu physique : annexe technique 2 - chapitre 2

- **Quels impacts prévisionnels sur la qualité des milieux ?**

L'immersion de sédiments va modifier la nature des fonds du fait des différences de caractéristiques avec les sédiments en place. L'impact prévisionnel est jugé modéré au regard des apports historiques, de la faible contamination des matériaux et de la dispersivité de la zone. La qualité des eaux sera par ailleurs modifiée temporairement et sur une étendue dépendante des conditions hydrodynamiques.

📖 Effets et impacts sur la qualité des milieux : annexe technique 2 - chapitre 3

📖 Influence du régime hydro-sédimentaire : annexe technique 3 - chapitre 2.4.

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu vivant ?**

Le dépôt aura pour conséquence l'ensevelissement des communautés en place. L'impact prévisionnel est jugé modéré pour cet effet au regard de la sollicitation régulière de ces fonds pour ce type d'opération, de la pression récurrente sur les communautés benthiques en place (à la fois anthropique et naturelle) et du caractère dispersif du site.

📖 Effets et impacts sur le benthos : annexe technique 2 - chapitre 4.1.

- **Quels impacts prévisionnels sur les usages ?**

Le risque de modification potentielle de la qualité des eaux au droit des zones d'élevage est jugé négligeable au regard de la distance avec la zone de dépôt, de la qualité des matériaux et de la faible dispersion attendue du panache turbide.

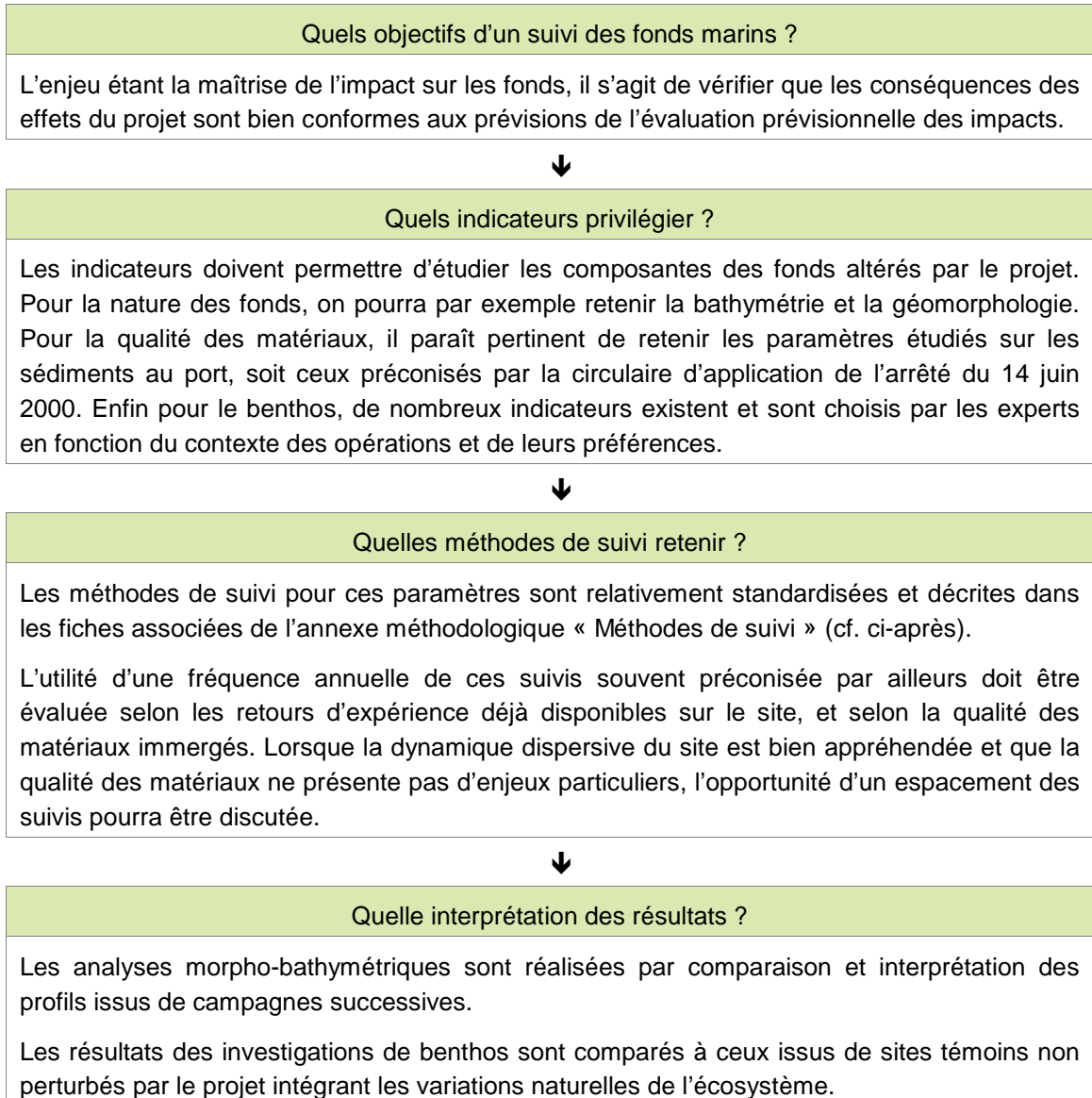
📖 Effets et impacts sur la culture marine : annexe technique 2 - chapitre 6.1,


📖 Influence du régime hydro-sédimentaire : annexe technique 3 - chapitre 2.4.

🔗 Enjeux majeurs du projet au niveau du site de dépôt

- Maîtrise de l'impact sur la nature et la qualité des fonds et les communautés benthiques,
- Maîtrise de la qualité des eaux.


1.3.3 Réflexion sur la définition du suivi


Suivi relatif aux enjeux portant sur les fonds marins



 *Opportunités du suivi de la nature des fonds : guide méthodologique - chapitre 4.1.1*


 *Opportunités du suivi de la qualité des sédiments : guide méthodologique – chapitre 4.2.1*

 *Opportunités du suivi des communautés benthiques : guide méthodologique – chapitre 4.3.2*

 *Fiche méthodologique de suivi de la morpho-bathymétrie : annexe technique 4 – fiche n°1A*


 *Fiche méthodologique de suivi de la morpho-sédimentologie : annexe technique 4 – fiche n°1B*


 *Fiche méthodologique de suivi des sédiments : annexe technique – fiche n°3*

 *Fiche méthodologique de suivi du benthos : annexe technique – fiche n°7*

Enjeu de maîtrise de la qualité des eaux

Pour les enjeux de qualité des eaux relatifs aux exploitations conchylicoles, le faible risque d'impact des eaux des parcs ne semble pas justifier dans ce cas d'une mise en œuvre d'un suivi spécifique. La turbidité naturelle des eaux rendrait complexe l'interprétation de tout suivi opérationnel de panache. On peut également juger que la surveillance fournie par les réseaux opérationnels type REMI est suffisante pour le niveau de risque pressenti.

 *Opportunités du suivi de la qualité des eaux : guide méthodologique – chapitre 4.2.2*

 *Opportunités du suivi des zones de culture marine : guide méthodologique – chapitre 4.4.2*

2 Etude de cas n°2 : dragage d'entretien exceptionnel de faible volume avec enjeu de contamination

2.1 Contexte

Le cas étudié est celui d'un port de plaisance de petites dimensions situé en Méditerranée qui nécessite un dragage d'entretien tous les dix ans environ pour conserver l'aptitude à la navigation de son chenal d'accès et de certaines darses. Le volume de dragage de sédiments modérément contaminés est de 25 000 m³. Le dragage est réalisé par le biais d'une pelle mécanique et d'une barge et le rejet se fait par clapage sur une zone d'immersion localisée à proximité.

2.2 Cas de la zone de dragage

2.2.1 Configuration du site portuaire

Le port de plaisance a une capacité d'accueil de 400 places et présente un taux de sédimentation très faible du fait d'échanges limités avec l'extérieur et d'apports quasi nuls d'un bassin versant urbanisé. Les analyses sédimentaires du port indiquent une contamination par le cuivre se situant entre les niveaux N1 et N2, probablement dus à l'activité de plaisance historique du port et de sa contamination par les résidus de peinture antisalissures. Les sédiments présentent également une contamination aux PCBs entre les seuils N1 et N2 dont l'origine n'est pas identifiée. L'influence du réseau pluvial urbain et de certaines industries légères sur le bassin versant est suspectée. Les autres contaminants présentent tous des valeurs inférieures aux seuils N1.

Au vu de la période relativement longue s'écoulant entre deux campagnes de dragages, les communautés benthiques ont le temps de reformer des structures équilibrées présentant une certaine diversité. Les conditions portuaires ne sont pour autant pas propices au développement d'habitats particulièrement riches et les communautés en place sont caractéristiques de sédiments vaseux à sablo-vaseux. La présence de matras d'herbier de posidonie éparses est attestée à environ 500 m à l'extérieur du port. Des parcs conchylicoles sont présents le long de la bande côtière en aval de la zone portuaire par rapport aux courants dominants.

2.2.2 Evaluation environnementale et définition des enjeux

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu physique ?**

Ces dragages ont pour objectif de rétablir la bathymétrie d'origine afin d'assurer la libre circulation des navires de plaisance. Les impacts sur la dimension physique des fonds sont négligeables. Le régime hydrodynamique et sédimentaire est par ailleurs rétabli à un état d'origine.

📖 Effets et impacts sur le milieu physique : annexe technique 2 – chapitre 2

- **Quels impacts prévisionnels sur la qualité des milieux ?**

La qualité des eaux, bonne selon les suivis REPOM en place, pourra être temporairement altérée, dans un périmètre *a priori* restreint aux darses portuaires. Le dragage mécanique permet de conserver des vases compactes, cependant un panache turbide relativement important est susceptible d'être généré dans l'enceinte portuaire autour des zones de dragage. Au vu du confinement du plan d'eau, la dispersion prévue du panache en dehors de l'enceinte portuaire est limitée. Néanmoins, en cas de sortie du panache turbide et sous certaines conditions de vent assez fréquentes sur le secteur, les courants latéraux à la côte sont susceptibles de faire évoluer le panache le long du trait de côte adjacent. Concernant la qualité des sédiments, le dragage entraînera la mise à nu d'horizons datant grossièrement du dragage précédent.

📖 Effets et impacts sur la qualité des milieux : annexe technique 2 – chapitre 3

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu vivant ?**

Le prélèvement des matériaux entraînera la destruction des communautés benthiques en place. Les états initiaux ont permis de confirmer la nature des biocénoses portuaires et aucune espèce d'intérêt particulier n'est concernée par cet impact. Au vu des connaissances sur l'hydrodynamisme du secteur, les herbiers de posidonie situés au large du port ne sont pas soumis à un risque de dispersion du panache turbide.

📖 Effets et impacts sur le benthos : annexe technique 2 – chapitres 4.1

- **Quels impacts prévisionnels sur les usages ?**

Les mesures d'organisation du trafic portuaire en période de travaux (1 mois) sont bien définies et bénéficient des retours d'expériences des campagnes passées. Les modalités d'accès au port seront ajustées. Les dragages seront de plus réalisés hors saison estivale, en période de moindre activité du port.

Concernant les usages extra-portuaires, les risques d'impact sont soumis à la dispersion du panache turbide hors du port. Ils concernent la qualité des eaux et les activités qui en dépendent : ici la conchyliculture.

📖 Effets et impacts sur les cultures marines et la baignade : annexe technique 2 – chapitres 6.1 et 6.3

➔ **Enjeux majeurs du projet au niveau du site de dépôt**

- Maîtrise de l'impact sur la qualité des eaux,
- Maîtrise de l'impact potentiel sur les usages sensibles à la qualité des eaux.

2.2.3 Réflexion sur la définition du suivi

Suivis relatifs à la maîtrise de l'impact sur la qualité des eaux et des risques sur les usages associés

Quels objectifs d'un suivi de la qualité des eaux ?

L'enjeu porte sur la remise en suspension de matériaux et le risque de dispersion **en dehors de la zone portuaire**, là où cette dispersion est susceptible d'altérer la qualité des eaux et de représenter un risque vis-à-vis d'usages directs ou indirects de cette eau : la baignade et la pêche à pied. L'objectif de suivi peut donc être double :

- Maîtriser la qualité des eaux à la limite de la zone portuaire par surveillance et application de mesures correctives (rideau en géotextile ou arrêt temporaire des opérations par exemple) ;
- Analyser la qualité des eaux au droit des zones sensibles externe du port en cas de dispersion non maîtrisée.



Quels indicateurs privilégier ?

Dans le cas d'un suivi associé à une action corrective rapide (type arrêt des opérations ou déploiement d'écran anti-turbidité), il semble pertinent de retenir un indicateur traduisant la qualité des eaux en temps réel. A ce titre, le suivi de la turbidité pourrait être adapté.

Concernant les enjeux de contamination potentielle en dehors du port, il s'agit de surveiller que la contamination des eaux n'entraîne pas d'altération des produits conchylicoles. Le mécanisme de contamination potentielle est la bio-accumulation, et il semble à ce titre pertinent d'étudier directement la qualité des produits ou d'indicateurs intégrateurs traduisant ce risque.



Quelles méthodes de suivi retenir ?

Les méthodes adaptées au suivi de la qualité des eaux en milieu naturel sont détaillées dans l'annexe technique « méthodes de suivi » - fiche n°4, tandis que la fiche n°5 cible les méthodes de suivi par bio-indicateurs.




Quelle interprétation des résultats ?


Concernant les suivis en temps réel, l'objectif étant de pouvoir déceler si la qualité des eaux en dehors du port est altérée par le dragage, il semble pertinent de pouvoir comparer les observations au niveau de l'entrée du port à la valeur d'une zone de référence dont on sait qu'elle sera stable et non perturbée pour le ou les paramètres suivis. L'interprétation des résultats consiste ici à définir si la variation de la qualité des eaux en période de dragage est significative et associée au panache turbide du dragage.

Concernant la qualité des produits de pêche, les résultats peuvent être interprétés de deux manières distinctes en fonction des questions posées :


- « Les coquillages sont-ils aptes à la consommation ? » : l'interprétation se fait par comparaison aux normes sanitaires en vigueur mais cette démarche ne permet pas de définir l'influence du dragage.
- « Le dragage a-t-il provoqué une dégradation de la qualité des coquillages ? » : l'interprétation se fait par comparaison à une zone de référence non perturbée mais la démarche ne répond pas à la question de l'aptitude à la consommation des produits.

Dans cet exemple, une telle réflexion pourrait mener à retenir un suivi adapté aux deux démarches d'interprétation des résultats.

 *Opportunités du suivi de la qualité des eaux : guide méthodologique – chapitre 4.2.2*

 *Opportunités du suivi des zones de culture marine et des eaux de baignade : guide méthodologique – chapitre 4.4.2 et 4.4.3*

 *Fiche méthodologique de suivi de la qualité des eaux : annexe technique 4 – fiche n°4*

 *Fiche méthodologique de suivi de la qualité des eaux par suivi de bio-indicateurs : annexe technique 4 – fiche n°5*

2.3 Cas de la zone d'immersion

2.3.1 Configuration du site d'immersion

La zone d'immersion se trouve au large de la zone portuaire, sur des fonds d'environ 35 m caractéristiques du détritique côtier : fonds sablo-vaseux présentant une communauté d'invertébrés benthiques peu riche. Les conditions hydrodynamiques sont dominées par les courants de surface générés par les vents dominants (le mistral). Ces fonds profonds ne sont pas sollicités par les houles. Le site est relativement conservatif. Les eaux sont assez peu turbides dans l'ensemble même si des épisodes pluvieux ou d'importants coups de mer peuvent ponctuellement altérer ce paramètre par les apports du bassin versant ou le remaniement des fonds.

La zone se trouve en site Natura 2000 et des habitats remarquables sont présents à proximité, dont un herbier de posidonie couvrant plusieurs hectares et s'étendant jusqu'à environ 20 m de profondeur. Les suivis réalisés par les gestionnaires du site attestent d'une bonne vitalité globale de l'herbier. Les herbiers les plus proches du site d'immersion sont distants d'environ 2,5 km.

Les usages au droit du site se limitent essentiellement aux loisirs nautiques. Le site ne fait pas l'objet d'un intérêt particulier pour les pêcheurs locaux qui pratiquent davantage la pêche aux petits chaluts sur des fonds moins profonds et plus riches.

2.3.2 Evaluation environnementale et définition des enjeux

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu physique ?**

Les impacts prévisionnels sur la morpho-bathymétrie et de la morpho-sédimentologie sont jugés modérés au regard des faibles volumes de dragage. Les conditions conservatives du site impliquent néanmoins une modification à plus ou moins long terme des fonds.

📖 Effets et impacts sur le milieu physique : annexe technique 2 – chapitre 2

- **Quels impacts prévisionnels sur la qualité des milieux ?**

L'impact prévisionnel sur la qualité des sédiments sur la zone de dépôt peut être jugé fort au vu de la qualité des matériaux mis en place et du caractère conservatif de la zone.

📖 Effets et impacts sur la qualité des matériaux : annexe technique 2 – chapitre 3.1

En phase travaux, les immersions entraîneront la remise en suspension de matériaux sur un périmètre dépendant des caractéristiques physiques des matériaux et de l'hydrodynamisme. A ce niveau, les enjeux portent essentiellement sur les habitats sensibles à cette qualité des eaux.

Les objectifs de maintien de la qualité des eaux à long terme posent la question de l'influence du dépôt et de ses contaminants sur la qualité de la colonne d'eau. La contamination modérée des matériaux, le caractère conservatif de la zone et l'affinité des contaminants pour le matériel particulaire ne laisse pas prévoir d'impacts majeurs à long terme sur la qualité des eaux au droit du dépôt.

📖 Effets et impacts sur la qualité des eaux : annexe technique 2 – chapitre 3.2

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu vivant ?**

La destruction des fonds sur la zone de dépôt représente un enjeu modéré vis-à-vis de la richesse limitée de ces fonds dont témoigne l'état initial.

Le risque d'altération de la qualité des eaux pose la question de l'impact éventuel sur des habitats d'intérêt sensibles à cette qualité des eaux. La réduction de la clarté de l'eau et la sédimentation excessive de particules au droit de l'herbier de posidonie constitue en première approche une interrogation pour ce projet. La distance et les connaissances sur les conditions hydrodynamiques de la zone indiquent un risque négligeable d'atteinte de l'herbier sans pour autant pouvoir exclure complètement ce risque pour certaines conditions particulières de vent. Au vu des volumes en jeu, des mécanismes d'impact et de leur occurrence potentielle, l'évaluation tend néanmoins à retenir un impact prévisionnel négligeable.

📖 Effets et impacts sur le benthos : annexe technique 2 – chapitre 4.1

- **Quels impacts prévisionnels sur les usages ?**

Aucun enjeu majeur d'usage n'est à noter au niveau de la zone de dépôt au vu des connaissances du projet et de l'état de fréquentation/utilisation du plan d'eau sur ce site.

📖 Effets et impacts sur les algues et herbiers : annexe technique 2 – chapitre 4.3

↻ Enjeux majeurs du projet au niveau du site de dépôt

- Destruction / altération de la nature des fonds et des communautés benthiques,
- Maîtrise de l'impact potentiel sur les habitats sensibles à la qualité des eaux.

2.3.3 Réflexion sur la définition du suivi

Suivi relatif aux enjeux portant sur les fonds marins

La réflexion sur les enjeux portant sur les fonds marins est globalement similaire à la réflexion sur cette même thématique du cas d'étude n°1. En termes de méthodes, ce cas diffère néanmoins par la fréquence des opérations. On peut ainsi s'interroger sur la fréquence d'investigation nécessaire pour le suivi d'une opération décennale.

Suivi relatif aux enjeux portant sur la qualité des eaux et la maîtrise de sa dégradation au droit d'habitats sensibles

Quels objectifs d'un suivi de la qualité des eaux ?


La problématique posée dans ce cas d'étude se retrouve pour de nombreux cas réels : l'évaluation environnementale conduit, à partir d'hypothèses simples, à estimer que la qualité des eaux au droit de la zone d'herbier ne sera pas soumise à altération. Néanmoins les données à partir desquelles sont fondées ces hypothèses ne sont pas forcément suffisamment robustes pour complètement écarter ce risque. Le suivi est alors envisagé pour vérifier la non dégradation au droit de la zone sensible. L'objectif du suivi peut dans ce cas être la surveillance et la validation de la non ou du moins très faible altération de la qualité des eaux au droit de l'herbier.


Cependant, si l'enjeu final est la maîtrise de l'altération au droit de l'herbier, la surveillance seule ne suffit pas et il est nécessaire de la coupler à un moyen d'action correctif à partir du moment où on juge que l'altération est telle qu'elle représente un risque pour l'herbier. Ceci soulève à son tour de nombreuses questions auxquelles les réponses sont loin d'être évidentes, et supposent la mise en œuvre d'importants moyens de suivi pour y répondre :

- Les niveaux de turbidité provoqués par le dragage dépassent-ils les niveaux maximaux naturels annuels ou pluri-annuels ? → *Suivi annuel préalable de la turbidité annuelle du site ?*
- La durée de l'altération et son intensité sont-elles suffisantes pour altérer l'herbier ? → *Suivi de la vitalité de l'herbier en comparaison à des stations de référence ?*


Au final, c'est l'évaluation prévisionnelle du risque qui va conditionner la réflexion sur le besoin de mettre en œuvre ces moyens de suivi plus ou moins importants ou non. Si une évaluation pragmatique du risque conduit à conclure que les enjeux sur l'herbier sont négligeables, la mise en œuvre d'un suivi incomplet type suivi de qualité des eaux n'apportera aucun élément supplémentaire permettant d'infirmer ou de confirmer ce risque.

Dans le cas présent, au vu des volumes en jeu et des conclusions de l'étude environnementale, on peut juger qu'il n'est pas pertinent de procéder à un suivi de la qualité des eaux.

 *Opportunités du suivi de la qualité des eaux : guide méthodologique – chapitre 4.2.2*

 *Opportunités du suivi des herbiers de phanérogames et d'algues : guide méthodologique – chapitre 4.3.3*

 *Fiche méthodologique de suivi de la qualité des eaux : annexe technique 4 – fiche n°4*

 *Fiche méthodologique de suivi des herbiers de phanérogames et d'algues : annexe technique 4 – fiches n°8 et n°9*

Suivi de la qualité des eaux au droit du site de dépôt

Le suivi de la qualité des eaux ne semble ni justifié ni pertinent au regard du caractère conservatif du site, de la contamination jugée acceptable des matériaux et de l'absence d'enjeux d'usages. Dans un autre cas de figure où des fonds avoisinants présenteraient un gisement coquillier exploité par la pêche par exemple, le suivi de la qualité des eaux par le biais de bio-intégrateurs semblerait justifié.

3 Etude de cas n°3 : dragage liés à des travaux neufs à fort volume

3.1 Contexte

Le cas étudié est celui d'un port de commerce de taille moyenne situé dans la Manche qui prévoit l'aménagement d'une nouvelle extension portuaire dédiée aux navires de croisière pour une meilleure gestion de ses activités. Une partie des terrassements peut se faire par voie terrestre et ne nécessite donc pas l'intervention d'une drague. Le volume de sédiments à draguer est estimé à environ 500 000 m³. Le dragage doit être effectué par le biais d'une drague hydraulique pour une durée totale de 3 mois.

3.2 Cas de la zone de dragage

3.2.1 Configuration de la zone de dragage

La zone à draguer est contiguë au port existant, attenante à un cordon littoral sableux de faible altitude relativement étroit, bordant une plaine côtière dont la largeur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres. Le faciès sédimentaire est dominé par des sables fins plus ou moins envasés mais de petits bancs de graviers sont observés par endroit sur les zones les plus profondes. L'ensemble des matériaux présente une bonne qualité physico-chimique au regard des seuils réglementaires. Les caractéristiques géophysiques du site et les objectifs de dragage n'impliquent pas d'opération de déroctage.

L'hydrodynamisme est dominé par les courants de marée (dont l'amplitude est considérable), puissants et dont la vitesse peut atteindre plusieurs nœuds. Les fortes houles sont fréquentes et remanient les fonds sur l'ensemble de la zone de dragage, entraînant une turbidité naturelle des eaux.

Les peuplements benthiques sont caractéristiques du faciès sédimentaire observé et des conditions hydrodynamiques. Ils sont relativement riches mais ne présentent pas d'espèces protégées ou d'intérêt communautaire. Quelques espèces de crustacés d'intérêt commercial sont signalées, mais la zone ne fait pas l'objet d'une pêche professionnelle intense. Une pêche récréative peu intense y est cependant pratiquée.


Des champs d'algues sont implantés sur un fond récifal situé à environ 2 km en aval du site par rapport aux courants dominants.

3.2.2 Evaluation environnementale et définition des enjeux

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu physique ?**

Les dragages auront pour effet d'abaisser le niveau marin de quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres à l'intérieur du périmètre de dragage. Les horizons mis à nu par cette opération différeront plus ou moins du substrat en place en fonction des zonages et des profondeurs atteintes.

Les mesures de courantométrie et la modélisation théorique post aménagement de la nouvelle extension portuaire montrent que les perturbations hydro-sédimentaires créées engendreront un changement dans le cycle d'érosion/accrétion sur le milieu côtier proche. En conséquence, le transit sédimentaire sera perturbé modifiant l'habitat de façon permanente. Par contre, les modélisations montrent que ces modifications restent localisées à la zone portuaire et son environnement immédiat et doivent se stabiliser rapidement grâce aux mesures d'intégration de l'ouvrage.

 *Effets et impacts sur le milieu physique : annexe technique 2 – chapitre 2*

- **Quels impacts prévisionnels sur la qualité des milieux ?**

Les investigations d'état initial indiquant que les matériaux ciblés par le dragage sont de qualité satisfaisante, aucun impact particulier n'est attendu sur la qualité des sédiments au niveau du site de dragage. Néanmoins, le caractère hétérogène de certains horizons peut être à l'origine de certaines variations verticales de qualité des fonds qui seront mis à nu.

L'activité de dragage générera une remise en suspension de matériaux dans la colonne d'eau. Si le caractère naturellement turbide des eaux réduit cet enjeu d'altération, les teneurs de MES attendues lors de cette opération dépasseront les teneurs naturelles indiquées par des prélèvements ponctuels jugés représentatifs établis lors de l'état initial. Etant donné la bonne qualité globale des sédiments portuaires et le caractère temporaire de cette remise en suspension, les enjeux sur la qualité des eaux seront globalement limités à cette remise en suspension et la turbidité associée.


 *Effets et impacts sur la qualité des milieux : annexe technique 2 – chapitre 3.2*

- **Quels impacts sur le milieu vivant ?**

La quasi-totalité du benthos sur la zone draguée sera détruit. Si l'impact local est donc fort, la bonne représentativité de ce type d'habitat sur le territoire biogéographique du port réduit cet enjeu de destruction à plus large échelle. La requalification permanente de la zone draguée et les perturbations hydro-sédimentaires induites par l'aménagement permettent d'anticiper une modification à long terme des communautés benthiques sur ce site.

Les communautés benthiques adjacentes au site d'immersion sont susceptibles d'être perturbées par la sédimentation des matériaux remis en suspension.

Le panache turbide est enfin susceptible de s'étendre jusqu'à une zone plus sensible sous l'action des courants de marée : un champ de laminaires situé à environ 2 km du site. La réalisation de modélisations a permis de déterminer que la qualité des eaux devrait être altérée au droit de cet habitat dans une proportion acceptable au regard des conditions naturelles moyennes de turbidité du site.

 *Effets et impacts sur le benthos : annexe technique 2 – chapitre 4.1*

 *Effets et impacts sur les algues et herbiers : annexe technique 2 – chapitre 4.3*

▪ **Quels impacts prévisionnels sur les usages ?**

Les impacts concernent essentiellement les pêcheurs amateurs du secteur. Au vu de la fréquentation limitée du site et de l'abondance de sites d'intérêt similaire dans un périmètre proche, on peut juger que cet impact sera modéré. Dans le cas d'un secteur portuaire comme celui décrit ici, la question des effets sur la navigation se pose nécessairement. Relevant davantage de mesures d'adaptation et d'organisation adéquates que de suivis potentiels, ce type d'impact ne sera pas développé ici.

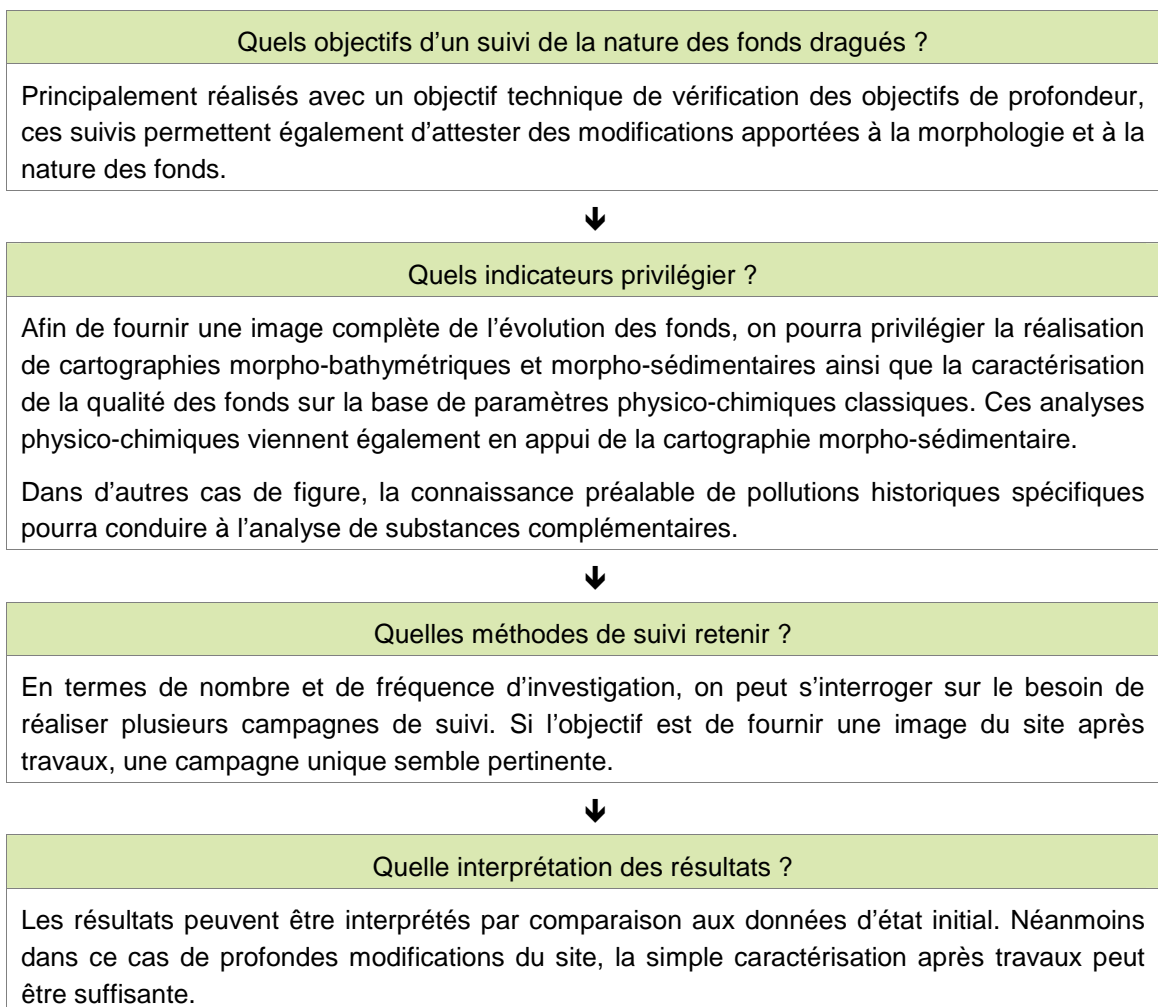
📖 Effets et impacts sur la pêche : annexe technique 2 – chapitres 6.1


➤ **Enjeux majeurs du projet au niveau du site de dragage**

- Modification de la nature des fonds,
- Dégradation / destruction des communautés benthiques en place,
- Maîtrise de l'altération de la qualité des eaux et des impacts sur les habitats sensibles à la turbidité et à la sédimentation.


3.2.3 Réflexion sur la définition du suivi


Suivis relatifs aux enjeux de modification de la nature des fonds dragués




 *Opportunités du suivi de la nature des fonds : guide méthodologique - chapitre 4.1.1*

 *Opportunités du suivi de la qualité des sédiments : guide méthodologique – chapitre 4.2.1*

 *Fiche méthodologique de suivi de la morpho-bathymétrie : annexe technique 4 – fiche n°1A*

 *Fiche méthodologique de suivi de la morpho-sédimentologie : annexe technique 4 – fiche n°1B*

 *Fiche méthodologique de suivi des sédiments : annexe technique – fiche n°3*

Suivis relatifs aux enjeux de dégradation / destruction des communautés benthiques

Quels objectifs d'un suivi du benthos ?


On estime généralement que le suivi des peuplements benthiques des zones draguées est sans intérêt sur les sites fréquemment remaniés. Dans le cadre de travaux neufs impliquant d'importantes modifications physiques des fonds, il peut être intéressant d'étudier l'influence de ces modifications sur les communautés benthiques à long terme pour mieux caractériser l'impact de l'opération.

En fonction de l'étendue du panache turbide et de la durée des opérations, on pourra également s'interroger sur la pertinence de suivre les communautés benthiques en dehors de la zone de dragage, là où une sédimentation relativement soutenue de matières remises en suspension serait susceptible de modifier la nature des fonds et donc les communautés benthiques en place.

 *Opportunités du suivi des communautés benthiques : guide méthodologique – chapitre 4.3.2*



Indicateurs, méthodes et interprétation

 *Fiche méthodologique de suivi du benthos : annexe technique – fiche n°7*

Suivis relatifs aux enjeux de qualité des eaux, notamment au droit d'habitats sensibles

Quels objectifs d'un suivi de la qualité des eaux au regard d'habitats sensibles ?

A partir du moment où les modélisations concluent que l'impact au droit des habitats sensibles devrait être acceptable, la mise en œuvre d'un suivi de la qualité des eaux peut prendre pour objectif la vérification des prédictions du modèle.



Quels indicateurs privilégier ?

Les indicateurs à privilégier sont alors les paramètres de sortie du modèle à partir desquels s'est faite l'évaluation environnementale. Turbidité et MES semblent les plus adaptés dans ce cas. A noter que la démarche de vérification des prédictions du modèle suppose que des mesures d'adaptation soient prévues en cas de non adéquation. Si l'altération dépasse significativement les prédictions, les impacts doivent pouvoir être réévalués, et des mesures correctives ou d'accompagnement prises en fonction de cette réévaluation (arrêt des opérations, suivi du champ de laminaire, etc.). Dans ce cas, on veillera à ce que les indicateurs retenus soient adaptés à la prise de décision (seuils, réactivité, etc.).



Quelles méthodes de suivi retenir ?

 *Fiche méthodologique de suivi de la qualité des eaux : annexe technique 4 – fiche n°4*



Quelle interprétation des résultats ?

Si l'objectif premier est la comparaison aux prédictions du modèle, on veillera également à pouvoir replacer ces observations dans le contexte des variations naturelles de qualité des eaux en les comparant notamment à ceux d'une station de référence non perturbée.

3.3 Cas de la zone d'immersion

3.3.1 Configuration du site d'immersion

La zone d'immersion est localisée à plusieurs kilomètres au large de la zone portuaire. Egalement sollicitée pour l'immersion des dépôts de dragages d'entretien du port réalisés à une fréquence annuelle, elle se caractérise par des fonds à dominante sableuse présentant une fraction fine due aux dépôts de dragage d'entretien. Les fonds environnants présentent un faciès à dominante sableuse avec existence de bancs de graviers épars. Les fonds s'étendent par 30 m de profondeur à marée basse et sont caractérisés par une forte dispersivité associée aux forts courants balayant la zone et, en moindre mesure, aux épisodes de plus forte houle. Les communautés benthiques sont représentatives de ces conditions hydrodynamiques et des altérations subies par les immersions de dépôts de dragage d'entretien.

Le site d'immersion s'intègre dans une zone plus large exploitée par quelques pêcheurs professionnels qui exercent principalement une pêche au chalut.

3.3.2 Evaluation environnementale et définition des enjeux

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu physique ?**

Les altérations des fonds se démarquent des immersions d'entretien par le caractère exceptionnel des volumes immergés et la différence de nature des matériaux immergés. Généralement sollicités « par casier » pour des immersions annuelles de volumes de 20 000 à 30 000 m³, les fonds du site de dépôt vont être modifiés sur une étendue plus large. Les dépôts seront répartis sur l'ensemble de la zone de sorte à répartir le dépôt et éviter la création d'anomalies bathymétriques trop importantes. Un exhaussement global de 0,50 m à 1 m de la hauteur des fonds est prévu. La dispersivité du site laisse prévoir un départ d'environ 60 %, la première année suivant le dépôt.

📖 Effets et impacts sur le milieu physique : annexe technique 1 - chapitre 2

- **Quels impacts prévisionnels sur la qualité des milieux ?**

La qualité des sédiments dragués étant satisfaisante, le dépôt n'engendrera pas de contamination particulière des fonds. Le caractère dispersif du site ne fige par ailleurs pas les matériaux contaminés sur place.

La qualité des eaux sera temporairement altérée par la remise en suspension de matériaux et ce sur une surface relativement étendue au regard des conditions hydrodynamiques locales.

📖 Effets et impacts sur la qualité des eaux : annexe technique 1 - chapitre 3

- **Quels impacts prévisionnels sur le milieu vivant ?**

Les communautés benthiques en place seront détruites ou fortement altérées sur l'ensemble de la zone de dépôt. Les communautés benthiques adjacentes au site d'immersion sont susceptibles d'être perturbées par le dépôt de ces matériaux. Adaptées aux conditions hydrodynamiques locales, l'impact prévisionnel de ces dépôts secondaires est faible.

📖 Effets et impacts sur le benthos : annexe technique 1 - chapitre 4.1

- **Quels impacts prévisionnels sur les usages ?**

La création de monticules sous l'action des dépôts et des courants présente un risque de croche des engins de pêche traînants.

📖 Effets et impacts sur la pêche : annexe technique 1 - chapitres 6.2

🔄 **Enjeux majeurs du projet au niveau du site de dragage**

- Modification de la nature des fonds,
- Dégradation / destruction des communautés benthiques en place,
- Maîtrise des gênes à l'activité de pêche.

3.3.3 Réflexion sur la définition du suivi

Suivis relatifs aux enjeux de modification des fonds

Quels objectifs d'un suivi des fonds ?
<p>Les suivis de la nature des fonds prennent le même objectif que ceux décrits dans les cas précédents. La différence est marquée par l'importance des volumes et la nature des matériaux immergés. Cette différence est notamment susceptible d'entraîner des modifications significatives des communautés benthiques à la suite des opérations même si le site est relativement dispersif.</p> <p>Dans ce cas, le suivi de la nature des fonds vient également en appui de la maîtrise des risques d'altération des arts de pêche traïnants. Le suivi morpho-bathymétrique en phase travaux permet d'orienter les dépôts pour une répartition plus homogène des matériaux sur la zone.</p> <p><i>📖 Opportunités du suivi de la nature des fonds : guide méthodologique - chapitre 4.1.1</i></p> <p><i>📖 Opportunités du suivi de la qualité des sédiments : guide méthodologique – chapitre 4.2.1</i></p> <p><i>📖 Opportunités du suivi des communautés benthiques : guide méthodologique – chapitre 4.3.2</i></p>



Indicateurs, méthodes et interprétation
<p><i>📖 Fiche méthodologique de suivi de la morpho-bathymétrie : annexe technique 4 – fiche n°1A</i></p> <p><i>📖 Fiche méthodologique de suivi de la morpho-sédimentologie : annexe technique 4 – fiche n°1B</i></p> <p><i>📖 Fiche méthodologique de suivi des sédiments : annexe technique – fiche n°3</i></p> <p><i>📖 Fiche méthodologique de suivi du benthos : annexe technique – fiche n°7</i></p>

Suivis relatifs aux enjeux de qualité des eaux

Un suivi ponctuel de la qualité des eaux peut éventuellement être préconisé : la qualité des matériaux déposés et la dispersivité du site ne justifient pas un suivi par intégration à moyen ou long terme.

📖 Opportunités du suivi de la qualité des eaux : guide méthodologique – chapitre 4.2.2

Suivis relatifs aux enjeux sur l'activité de pêche

Le risque de croche du matériel traïnant étant lié à la modification morphologique des fonds, les suivis géomorphologiques des fonds fournissent une information sur la réalité de ce risque en fin d'opération.

Chapitre 6 - Conclusion

Si les impacts majeurs des opérations de dragage et d'immersion sont aujourd'hui bien connus, certains impacts restent moins bien appréhendés du fait notamment d'un manque de connaissances sur les processus écologiques ou physico-chimiques complexes qu'ils mettent en jeu et du fait des limites techniques et méthodologiques d'investigations qui s'imposent à nous dans ce milieu particulier qu'est le milieu marin. Dans ce contexte, et dans le cadre plus spécifique des suivis environnementaux relatifs à ces opérations, deux situations se dessinent :

- Nous disposons, d'un côté, d'outils opérationnels bien adaptés au suivi des impacts directs et majeurs de ces projets sur l'environnement. Ils bénéficient d'un retour d'expérience précieux apportés par les suivis antérieurs et les recherches expérimentales spécifiquement menées sur ces thématiques par le passé (indicateurs intégrateurs notamment) ;
- Nous sommes, d'un autre côté, confrontés à des limites méthodologiques, scientifiques ou financières pour suivre des impacts indirects souvent secondaires, aux mécanismes plus complexes et moins bien maîtrisés, notamment au stade de l'évaluation prévisionnelle des impacts.

Face aux configurations uniques de chaque opération de dragage et d'immersion, la **préconisation d'un suivi standardisé n'est pas adaptée**. Ce guide propose, sans pour autant constituer une doctrine réglementaire, **des éléments de réflexion et une méthodologie d'accompagnement pour la détermination des opportunités de suivi au cas par cas en insistant** sur quatre conditions fortes : **la pertinence, l'efficacité, la proportionnalité et l'adaptabilité**.

Dans la logique de ces quatre conditions, une évaluation environnementale solide, qui cerne et hiérarchise les enjeux majeurs du projet et se nourrit des retours d'expériences passées, est une base essentielle à la détermination d'objectifs de suivi pertinents et proportionnels aux enjeux du projet. En soulignant clairement en amont les questions éventuellement laissées en suspens et les limites de l'exercice, l'évaluation environnementale participe également à orienter le suivi vers l'amélioration des connaissances.

La capacité à évoluer que doivent avoir les suivis en fonction des retours qu'ils fournissent progressivement est un gage d'efficacité à maintenir tout au long du déroulement des programmes de suivi. Il est particulièrement important pour les programmes s'étendant sur de nombreuses années.

Enfin, une question centrale posée à chaque étape de définition du programme permet de garantir la pertinence de tout suivi envisagé : « Les résultats issus de ce suivi fourniront-ils une information interprétable au regard de l'impact considéré ? »

Dans la logique d'une gestion intégrée des zones côtières et d'une intégration satisfaisante pour tous de l'activité de dragage et d'immersion dans un territoire, on insistera sur les bénéfices que peuvent apporter les instances de concertation multipartites orientées sous l'égide de l'Etat : mise en cohérence des opérations, partage des résultats des suivis environnementaux associés, réflexion sur la pertinence globale des programmes.

Lexique

Abondance	Paramètre d'ordre quantitatif servant à décrire une population.
Accrétion	Processus par lequel une accumulation sédimentaire existante (une plage par exemple) reçoit des matériaux supplémentaires qui l'épaississent et l'élargissent.
Affouillement	Fosse profonde creusée dans le lit par l'action de l'eau.
Aménagement	Consiste en une intervention sur les milieux naturels ou modifiés pour privilégier généralement un usage.
Amplitude	Ecart usuel entre les valeurs extrêmes d'un phénomène et la valeur moyenne.
Anthropique	Relatif à l'activité humaine.
Anti-salissures	Qualifie un traitement destiné à éliminer ou à réduire les salissures (biosalissures) des coques des navires par exemple qui, en se développant, réduisent leur vitesse et accélèrent leur vieillissement.
Aquaculture	Ensemble de toutes les activités de culture de plantes marines et d'élevage d'animaux marins.
Aquifère	Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formation poreuses et/ou fissurées) et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation (drainage, pompage, ...).
Argile	Terme désignant soit un minéral, soit une roche formée de débris de minéraux.
Avifaune	Ensemble de la faune ailée.
Bactérie	Micro-organisme procaryotique unicellulaire extrêmement petit, classé soit en règne autonome, ni animal, ni végétal, soit classé avec les Champignons en tant que Schizomycetes.
Banc	Relief sous-marin constitué le plus souvent par des matériaux meubles et présentant un danger potentiel pour la navigation.
Bassin versant	Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un lac. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte considérée à partir d'un exutoire, limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précipitées qui s'écoulent en surface et en souterrain vers cette sortie.
Benthique	Adjectif qui qualifie l'interface eau-sédiment (= interface eau-lithosphère) d'un écosystème aquatique, quelle qu'en soit la profondeur. - Qualifie un organisme vivant libre (vagile) sur le fond ou fixé (sessile).
Benthos	C'est l'ensemble des organismes présents sur ou dans le fond des eaux.
Berge	La berge matérialise la partie hors d'eau de la rive ; elle est caractérisée par sa forme transversale (berge en pente douce, berge abrupte, ...), sa composition (sableuse, ...), sa végétation, ...
Bioaccumulation	La bioaccumulation désigne la capacité de certains organismes (végétaux, animaux, fongiques, microbiens) à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme certaines substances chimiques.
Biocénose	Ensemble des organismes vivants (animaux et végétaux dont microorganisme) qui occupent un écosystème donné. Ce groupement d'êtres vivants est caractérisé par une composition spécifique déterminée et par l'existence de phénomènes d'interdépendance. Il occupe un espace que l'on appelle biotope et constitue avec lui l'écosystème.
Biomasse	Poids total de matière d'un individu, d'un groupe, d'une classe d'âge, d'un stock, d'une population, etc.
Bloom	Phénomène de forte prolifération phytoplanctonique dans le milieu aquatique résultant de la conjonction de facteurs du milieu comme température, éclaircissement, concentration en sels nutritifs. Suivant la nature de l'espèce phytoplanctonique concernée, cette prolifération peut se matérialiser par une coloration de l'eau.

Bouchon vaseux	C'est une zone de turbidité maximale (sédiments fins en suspension) particulière aux estuaires, comprise entre des eaux douces peu chargées en suspension à l'amont et les eaux salées marines en aval. Sa situation spatiale n'est pas stable. Elle évolue au gré des conditions hydrologiques (débits, cycles de marée ...).
Cantonnement	Espace maritime, délimité précisément, dans lequel l'exploitation des ressources benthiques de la plateforme continentale est interdite par disposition réglementaire et à titre permanent ou temporaire, pour en permettre la reconstitution.
Chalut	Poche de filet traînée par un navire de pêche (chalutier) pour y capturer des animaux marins. Le chalut est maintenu ouvert par l'effet hydrodynamique de panneaux. Il est lesté à la base de son ouverture.
Chenal	Itinéraire de circulation des eaux, dans lequel se maintient toujours une certaine profondeur. Un chenal peut être naturel ou artificiel et servir à l'alimentation en eau de plans d'eau situés loin de la mer ou à la circulation des embarcations.
Contaminant	Elément ou substance contenu dans l'environnement (air, eau, sédiments...) en quantité anormale (= non naturelle).
Courant	<ul style="list-style-type: none"> • courant de marée : courant causé par le déplacement des masses d'eau au cours du cycle de marée. • courant littoral : courant créé dans l'eau en bordure immédiate du trait de côte par l'apport d'eau des vagues obliques. • courant marin : désigne tout déplacement d'une masse d'eau océanique.
Crème de vase	Mélange instable de vase et d'eau situé près du fond des chenaux estuariens en zone saline, associé au bouchon vaseux.
Darse	Forme portuaire rectangulaire, ouverte vers le large par un petit côté et bordée de quais sur ses trois autres côtés.
DBO	Demande biochimique en oxygène : quantité d'oxygène dissous qui est consommée par les organismes vivants pour leurs besoins respiratoires pendant un laps de temps déterminé. La DBO5 est la demande biochimique en oxygène sous 5 jours.
DCO	Demande chimique en oxygène : C'est la quantité d'oxygène qui est consommée par les processus d'oxydation non biologique pendant un laps de temps déterminé. La DCO donne une évaluation grossière de la quantité de matières oxydables présente dans l'échantillon considéré.
Déroctage	Fait de supprimer les roches et écueils sur un itinéraire navigable ou dans un port.
Démersal	Qualifie une espèce vivant libre à proximité du fond, c'est-à-dire sans être véritablement lié à celui-ci de façon permanente. L'adjectif « benthique » qualifie lui, les espèces ayant un lien étroit et permanent avec le fond (ex : les poissons plats).
Demi-vie	Temps (= durée) nécessaire pour qu'une substance radioactive perde la moitié de son activité.
Dépôt (de dragage)	Aire sous-marine sur laquelle sont déversés les produits de dragage réalisés dans les ports et leurs chenaux d'accès.
Disque (de Secchi)	Appareil simple permettant une évaluation grossière de la transparence (turbidité) de l'eau. Cette évaluation se déduit de la mesure de la profondeur à laquelle « disparaît » un disque blanc de 30 cm de diamètre descendu à partir de la surface de l'eau.
Dragage	Fait de prélever du sédiment sur le fond de la mer à l'aide d'une drague, soit pour étudier un échantillon de sédiment, soit pour dégager un chenal navigable (création ou entretien).
Echolocation	Fonction physiologique, rendue possible par une anatomie spécifique, permettant à certains animaux (cétacés, chauves-souris) de se repérer dans leur milieu - même en l'absence de lumière - et d'y situer obstacles et proies par émission de sons particuliers et analyse de l'écho de ces sons renvoyés par les corps physiques présents dans leur environnement.
Ecosystème	Ensemble des êtres vivants (Biocénose), des éléments non vivants et des conditions climatiques et géologiques (Biotopes) qui sont liés et interagissent entre eux et qui constitue une unité fonctionnelle de base en écologie.

Ecotoxicité	Propriété d'une substance de provoquer des effets néfastes sur les organismes vivants et leur organisation fonctionnelle (écosystème).
Ecoulement	Fait pour un fluide de se déplacer en suivant un itinéraire préférentiel.
Edaphique	Qualifie ce qui est relatif au substratum (sol et eau).
Efflorescence	Voir Bloom
Engraissement	Processus par lequel une accumulation sédimentaire existante (une plage par exemple) reçoit des matériaux supplémentaires qui l'épaississent et l'élargissent (→ voir aussi Accrétion).
Estuaire	Partie terminale d'un fleuve, de forme évasée et où la mer remonte. C'est une zone de mélange entre eaux douces et eaux marines. Ce mélange induit un gradient très important des propriétés physico-chimiques des eaux, variable dans l'espace et dans le temps.
Eutrophisation	Enrichissement des cours d'eau et des plans d'eau en éléments nutritifs, essentiellement le phosphore et l'azote qui constituent un véritable engrais pour les plantes aquatiques. Elle se manifeste par la prolifération excessive des végétaux dont la décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène.
Faune	Ensemble des espèces vivantes animales constituant un peuplement ou une zoocénose.
Fenêtre environnementale	Se dit d'une période de temps correspondant à une activité biologique spécifique (période de migration par exemple).
Fouling	Terme anglais pour désigner les salissures des coques de navires (= biosalissures).
Frayère	Aire dans laquelle les animaux, poissons principalement, se réunissent périodiquement pour leur reproduction et où ils déposent leurs œufs.
Gouvernance	La gouvernance désigne un mouvement de « décentrement » de la réflexion, de la prise de décision, et de l'évaluation, avec une multiplication des lieux et acteurs impliqués dans la décision ou la co-construction d'un projet. Il renvoie à la mise en place de nouveaux modes de, fondés sur un partenariat ouvert et éclairé entre différents acteurs et parties prenantes
Gradient	Taux de variation d'un paramètre en fonction de la distance.
Granulométrie	Facteur édaphique qui conditionne la répartition des espèces benthiques dans les sédiments meubles.
Habitat	C'est le milieu dans lequel vit une espèce ou un groupe d'espèces animales ou végétales.
Halieutique	Qualifie toutes les activités relevant de la pêche sous toutes ses formes, professionnelle ou de loisirs, en eau douce ou marine.
Herbier	Formation végétale de l'avant-côte ou du bas d'estran, caractérisée par la présence de plantes à fleurs (= herbiers de zostères sur les côtes atlantiques ; herbiers de posidonies sur les côtes de Méditerranée).
Houle	Oscillation régulière de la surface de la mer, indépendante du vent local (car formée plus loin) et dont la période est de l'ordre de la dizaine de secondes.
Hydrodynamique	Science qui étudie le comportement physique du fluide constitué par l'eau et les matériaux qu'elle contient.
Ichtyofaune	Ensemble des poissons vivants dans un espace géographique ou un habitat déterminé.
Intertidal	Partie du littoral comprise entre les limites extrêmes atteintes par les marées.
Macrodéchet	Déchets de toutes natures, de formes variées et d'origine autant humaine que naturelle, flottant en mer ou déposés sur le littoral.
Macrofaune	Désigne l'ensemble des animaux benthiques dont la taille est supérieure à un millimètre.

Maërl	Mot d'origine bretonne utilisé pour désigner les algues calcaires du genre Lithothamnium.
Marée	Mouvement multi-périodique du niveau de la mer dont la partie principale est la marée astronomique.
Micropolluant	Polluant présent généralement en faible concentration dans un milieu donné (de l'ordre du microgramme (µg) au milligramme (mg) par litre ou par kilogramme) et qui peut avoir un impact notable sur les usages et les écosystèmes.
Nutriments	Ce terme désigne l'ensemble des composés inorganiques et des ions nécessaires à la nutrition des producteurs primaires (phytoplancton).
Opportuniste	Qualifie un organisme, une espèce, capable de s'installer rapidement quelque part.
Pêche à pied	C'est une activité de cueillette exercée le long du rivage sans recours à une embarcation. Elle peut être : soit une activité de loisir (= pêche amateur, = pêche récréative), soit une activité professionnelle (qui concerne principalement les bivalves).
Perturbation	Dérangement, anomalie, trouble, irrégularité dans le fonctionnement d'un système (écosystème), d'un appareil, d'un organisme ou dans l'évolution d'un phénomène. Perturbation anthropique : perturbation des équilibres naturels résultant des activités humaines (émissions d'effluents gazeux, liquides ou solides ; prélèvements).
Peuplement	Ensemble des espèces animales et/ou végétales qui vivent dans un espace géographique donné.
Phanérogames	Plantes qui possèdent des racines, tiges et feuilles et dotées d'une reproduction sexuée par l'intermédiaire de leurs fleurs et graines. En milieu marin littoral, il existe des phanérogames marines vivant à de faibles profondeurs (= besoin de lumière pour la photosynthèse) : les zostères et les posidonies.
Plancton	Ensemble des organismes animaux et végétaux, en général de très petite taille, qui flottent plus ou moins passivement dans les eaux marines ou lacustres. On distingue le zooplancton (animal) et le phytoplancton (végétal).
Polluant	Les polluants sont des substances ou des processus de nature physique, chimique ou biologique introduits par l'homme et susceptibles de contaminer les divers écosystèmes.
Prélèvement	Prise d'un échantillon en vue de son analyse.
Production	Quantité de matière vivante (= matière organique) élaborée par un maillon de la chaîne alimentaire par unité de temps, de surface ou de volume.
Ressource (halieutique)	Désigne les stocks d'animaux aquatiques exploitables.
Sédimentation	Ensemble des processus par lesquels les particules en suspension et en transit cessent de se déplacer et se déposent, devenant ainsi des sédiments.
Substrat	Base sur laquelle repose une formation géologique ou des alluvions (= sédiments) - Tout matériau servant de support physique à des organismes
Trait de côte	Ligne qui marque la limite jusqu'à laquelle peuvent parvenir les eaux marines ; c'est-à-dire la limite la plus extrême que puissent atteindre les eaux marines
Transit	Fait de passer dans un lieu sans y séjourner. Ainsi, un sédiment en transit est celui qui n'est présent en un point de la côte que pendant une courte durée, avant de continuer sa migration.
Trophique	Qualifie ce qui a trait à la nutrition des tissus et des organismes
Vagile	Qualifie un organisme benthique capable de se déplacer sur le fond (marche, reptation, saut...) ou de nager à son voisinage immédiat.

Bibliographie

Agences de l'eau, 2000. Etude bibliographique sur les bio-indicateurs de l'état du milieu marin. Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux – Volet biologique.
Agences de l'Eau. Guide Technique Interagences. Les zones humides et la ressource en eau. Suivi d'actions.
Alzieu C. (coord.), 1999; Dragages et environnement marin - Etat des connaissances. Ed. Ifremer, 223 p.
Alzieu C. (coord.), 2003; Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. Ed. Ifremer, 248 p.
Ar Gall E. & Le Duff M., 2007. Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans rocheux dans le cadre DCE.
Association DALI, 2006. Recommandations pour la conduite d'un levé bathymétrique réalisé dans le domaine portuaire, côtier ou fluvial.
Beigie, D. & Froissart, A., 2000. Enrichissement des données concernant les mammifères marins : les phoques veaux-marins. Etudes en environnement – Volume 4 du projet de « Rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel », Syndicat mixte pour le rétablissement du caractère maritime du Mont-Saint-Michel, Mission Mont-Saint-Michel DDE de la Manche, GMN, 56 p.
Boudouresque C.F., Thommeret J., Thommeret Y., 1980. Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercale dans l'herbier à Posidonia oceanica de la baie de Calvi (Corse).
Bouguis J. Typologie des littoraux tempérés.
BRGM, 2004. Aide à la gestion alternative au rejet en mer de sédiments contaminés provenant du dragage de sites portuaires.
Bruce Sabol, Deborah Shafer, and Elizabeth Lord, July 2005, Dredging Effects on Eelgrass (Zostera marina) Distribution in a New England Small Boat Harbor. US Army Corps of Engineers, ERDC-TL.
Cadiou, 2011 : Cinquième recensement national des oiseaux marins nicheurs en France métropolitaine 2009-2011 1ère synthèse: bilan intermédiaire 2009-2010. 62 pp.
Cap l'Orient agglomération, 2010. Dossier de demande d'autorisation pour le dragage du port de la B.S.M à Lorient.
Cap l'Orient agglomération, 2010. Dossier loi sur l'eau et les milieux aquatiques des dragages du port de la B.S.M à Lorient.
CEFAS, 2003. Final Report of The Dredging and Dredged Material Disposal Monitoring Task Team
CEFAS, 2010. Disposal of dredged material at the Rame Head disposal site: a review of Cefas' role in its monitoring and a summary of the monitoring evidence.
Cemagref, 2009. Inventaire poisson dans les eaux de transition. Protocole d'échantillonnage pour les districts de la façade Atlantique et Manche.
Cemagref, 2009. Inventaire poisson dans les eaux de transition. Protocole d'échantillonnage pour le district Rhône Méditerranée Corse.
Certain G. 2007. Distribution, abondance et stratégie de recherche alimenté chez les prédateurs supérieurs du Golfe de Gascogne : une étude spatialisée. Thèse de doctorat de l'Université de La Rochelle, La Rochelle, 202 p.

CETMEF, 2002. Etudes relatives à l'impact des dragages.
CETMEF, 2008. Guide de recommandations pour la gestion durable des déblais de dragage portuaires contaminés de type vaseux dans les ports maritimes français.
CETMEF, 2010. Enquête « dragage 2008 » - Analyse des données. MEDDTL
CETMEF, 2011. Enquête « dragage 2009 » - Analyse des données. MEDDTL
CETMEF, 2011. Suivi environnemental des aménagements portuaires et littoraux.
CGDD, 2011. Evolution des flux polluants à la mer. Synthèse des évaluations réalisées dans le cadre des conventions Oskar et Medpol.
Chartrand, K.M., Rasheed, M. A., Sankey, T.L. (2008). Deepwater seagrass dynamics in Hay Point – Measuring variability and monitoring impacts of capital dredging. Final Report to the Ports Corporation of Queensland.
Coega Development Corporation, 2001. Specialist report on the environmental impacts and monitoring guidelines for the land excavation and disposal, marine dredging and marine disposal operations at Coega port.
Conseil général 29, 2008. Schéma de référence des dragages en Finistère – Evaluation environnementale du schéma – Rapport environnemental.
Conseil Général du Morbihan. CCTP – Suivi annuel de la zone potentielle d'immersion des produits de dragage des ports Est morbihannais.
Darbra et al. 2007. Survey on Environmental Monitoring Requirements of European Ports
De Groote J., Dumon G., Vangheluwe M. and Jansen C., 1998. Environmental Monitoring of Dredging Operations in the Belgian Nearshore Zone.
Desaunay Y. et Guerault D., 2002. Manuel des protocoles de campagnes halieutiques. Campagnes nourriceries Gascogne. IFREMER DRV/RH/DT/2002-005, 31 p.
Desaunay Y. ET Guerault D., 2003. Evolution du peuplement halieutique de la Baie de Vilaine au cours des décennies 1980 et 1990. IFREMER DRV/RH/RS/03-01, 25 p.
DOER, 1998. Economic impacts of environmental windows associated with dredging operations. US Army Corps of Engineers, ERDC
DOER, 1998. Entrainment by hydraulic dredges - A review of potential impacts. US Army Corps of Engineers, ERDC
DOER, 1998. Environmental windows associated with dredging operations.
DOER, 2000. Assessment of potential impacts of dredging operations due to sediment resuspension. US Army Corps of Engineers, ERDC
DOER, 2000. Improved methods for correlating turbidity and suspended solids for monitoring. US Army Corps of Engineers, ERDC
DOER, 2005. Rates and effects of sedimentation in the context of dredging and dredged material placement. US Army Corps of Engineers, ERDC.
DOER, 2006. Summary of measurement protocols for sediment resuspended from dredging operations.
DOER, T. Neil McLellan, Robert J. Hopman, Hartman Consulting Corporation, 2000. Innovations in dredging technology: equipment, operations, and management. US Army Corps of Engineers, ERDC
Ecospan Environmental Ltd., 2009. Environmental monitoring of the Salcombe-Kingsbridge estuary prior to and after the maintenance dredging of Batson Creek.
Environment Canada, 2003. Environmental monitoring at the Black Point ocean disposal site: assessing long-term impacts of dredge spoil disposal in Saint John Harbour, New Brunswick

Feldmann, J., 1954. Inventaire de la flore marine de Roscoff. Travaux de la station biologique de Roscoff, 148 p.
Feldmann, J., Magne, F., 1964. Additions à l'inventaire de la flore marine de Roscoff. Travaux de la station biologique de Roscoff. 28 p.
Fettweis et al. 2010. Monitoring the effects of disposal of fine sediments from maintenance dredging on suspended particulate matter concentration in the Belgian nearshore area (southern North Sea)
FFPP, 2005. Guide pour la gestion des opérations de dragage.
Gayral, P. Cosson, J., 1986. Connaître et reconnaître les algues marines. Ouest-France Ed., Rennes, 223p.
GEODE, 2007. Guide méthodologique d'évaluation des incidences Natura 2000 des opérations de dragages des chenaux de navigation et des immersions.
Grand Port Maritime de Bordeaux, 2009. Travaux de dragage de la forme de Radoub n°3 à Bassens. Rapport de suivi de l'opération.
Grand Port Maritime de Bordeaux, 2010. Evaluation de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques au niveau des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 de l'estuaire de la Gironde
Grand Port Maritime de Bordeaux, 2010. Suivi environnemental des travaux de dragage du bassin à flot n°1.
Grand Port Maritime de Dunkerque, 2010. Programmes de suivi et de surveillance environnementale (présentation).
Grand Port Maritime de la Rochelle, 2008. Dossier de demande d'autorisation pour l'aménagement de l'anse de la Repentie. CREOCEAN.
Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, 2005. Dossier d'étude d'incidence des dragages d'entretien. SOGREAH.
Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, 2008. Dossier de demande d'autorisation pour les immersions de déblais de dragage – site de la Lambarde.
Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, 2009. CCTP – Campagnes de mesures pour l'étude du devenir des sédiments clapés non stabilisés sur le site d'immersion de la Lambarde et la caractérisation de sites alternatifs de clapage.
Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, 2009. Fréquentation par l'avifaune de la zone d'immersion de la Lambarde.
Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, 2010. CCTP – Inventaire de la ressource halieutique et évaluation de l'impact des immersions à la Lambarde.
Grand Port Maritime de Rouen, 2010. Dossier de demande d'autorisation pour les dragages d'entretien du chenal d'accès au port de Rouen et immersions des produits de dragage.
Grand Port Maritime de Rouen, 2010. Dossier de demande d'autorisation pour le projet d'expérimentations de clapage des sédiments de dragage d'entretien du Port de Rouen en Baie de Seine Orientale.
Gregoire et al. Démarche méthodologique pour le pilotage des opérations de dragage maritime. 2 nd International Symposium on Contaminated Sediments.
Groupe de travail sur la gestion intégrée du dragage et des sédiments du Saint-Laurent, 2004. Document d'orientation sur la gestion intégrée du dragage sur le Saint-Laurent.
Henriksen, O. D., J. Teilmann, S. Edrén, J. Carstensen, H. Skrov,. 2003. Use of passive porpoise detectors (T-pods) in large scale environmental impacts on harbor porpoises from offshore windturbines. 17th Annual Conference of European Cetacean Society. March 9-13, Las palmas.

Hermand, Rachel, 2008. Réponses d'une communauté macrobenthique méditerranéenne soumise à des apports sédimentaires allochtones naturels ou anthropiques. Université de la Méditerranée. Centre d'océanologie de Marseille. Station marine d'Endoume – UMR CNRS 6540 - DIMAR
Heylen, 2011. Sediment monitoring in the Port of Antwerp.
HR Wallingford, 2006. Sediment management in the Elbe Estuary. Final report.
Ifremer, 2003. REBENT, Cartographie des peuplements macrobenthiques par les méthodes acoustiques en domaine subtidale, Fiche outil : l'application des SMF.
Ifremer, 2004. Stratégies pour la surveillance des produits phytosanitaires en milieu marin côtier.
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°1 : Macroalgues intertidales – Substrats meubles – Blooms d'opportunistes.
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°2 : Macroalgues subtidales – Algues calcifiées libres.
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°3 : Macroalgues intertidales – Substrats durs Manche / Atlantique.
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°4 : Biocénoses macroalgues – Médiolittorales Méditerranéennes.
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°5 : Macroalgues infralittorales – Substrats durs Manche / Atlantique.
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°6 : Phanérogames – Herbiers à Zostera marina .
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°7 : Phanérogames – Herbiers à Zostera noltii .
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°8 : Phanérogames – Herbiers à Posidonia oceanica.
Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Fiche n°10 : Invertébrés – Substrats meubles.
Ifremer, 2005. Recommandations techniques pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Stratégies d'échantillonnages et protocoles. Volume 1 : contaminants chimiques, phytoplancton, hydrologie.
Ifremer, 2006. Suivi environnemental de l'estuaire de l'AberWrac'h dans le cadre des travaux d'aménagement du port de Landéda.
Ifremer, 2010. Dragage du port de la Trinité-sur-Mer Campagne 2010. Résultats du suivi de la qualité environnementale du milieu.
Ifremer, 2010. Suivi des opérations de dragage du port de la Trinité-sur-Mer. Résultats du suivi complémentaire (présentation).
Ifremer, 2011. Cahier de procédures et de programmation du ROCCH sanitaire.
Ifremer, 2011. Document de prescription « Surveillance microbiologique ». Cahier des spécifications techniques et méthodologiques REMI.
Ifremer, 2011. Etude sanitaire microbiologique. Guide méthodologique.
Ifremer, 2011. Protocole conseillé pour la description de l'état initial et le suivi des ressources halieutiques dans le cadre d'une exploitation de granulats marins.
In Vivo, 2010. Suivi Environnemental de la zone d'immersion de déblais de dragage du port de la Trinité.

In Vivo, 2011. Suivi environnemental de la zone d'immersion des déblais de dragage du port de la Trinité-sur-mer (présentation).
Ismael AA et Khadr, AM, 2003. Alexandrium minutum cysts in sediments cores from the Eastern Harbour of Alexandria, Egypt. <i>Oceanologica</i> : 45(4) : 721-731.
Koschinski S., Culik B., Damsgaard O. 2002. Reactions of harbour porpoises (<i>Phocoena phocoena</i>) and harbor seals (<i>Phoca vitulina</i>) to underwater sound produced by simulated 2 MW offshore windpower generator. 16th Annual Conference of European Cetacean Society. April 7-11, Liège.
Medard J. 2003. Aqua-metre D100, portable underwater metrology system for dive RSPSoc symposium, Portsmouth April 9, 2003. Journées Etud. Systém. Biogéogr. médit., Cagliari, CIESM, Monaco : 139-142.
Medard J. 2003. Aqua-metre D100, portable underwater metrology system for dive » RSPSoc symposium, Portsmouth April 9, 2003.
MEDDTL, Direction de l'Eau et de la Biodiversité. Groupe de travail n°11 – Sédiments de dragage. Rapport final.
MEDDTL, GEODE, 2008. Guide méthodologique pour l'évaluation des incidences des dragages des chenaux de navigation et des immersions sur l'état de conservation.
MEDDTL, GEODE, 2008. Recommandations pour la détermination d'objectifs de gestion d'un estuaire au regard des opérations de dragage et d'immersion.
MEEDDAT, 2009. Guide méthodologique d'évaluation des incidences des projets d'extraction de matériaux en mer sur les sites Natura 2000.
MEMG (2003). Group Co-ordinating Sea Disposal Monitoring. Final Report of the Dredging and Dredged Material Disposal Monitoring Task Team. Sci. Ser., Aquat. Environ. Monit. Rep., CEFAS, Lowestoft, (55): 52pp.
MNHN, 2010. Evaluation de l'état de conservation des habitats d'oiseaux marins au sein des ZPS. Guide Méthodologique.
MNHN, 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000. Guide Méthodologique.
Nonnis et al. 2007. Dumping of harbor-dredged material: a multidisciplinary monitoring study of two disposal sites in central Adriatic sea.
Pagano, M et Saint-Jean L, 1988 : Comparaison de deux techniques de prélèvement du zooplancton, le filet et la trappe de Schindler, en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). <i>Hydrobiologia</i> 173 : 167-192.
Panayotidis P., Boudouresque C.F., 1981. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). XXI. Aire minimale et patchiness de la flore épiphyte des feuilles de <i>Posidonia oceanica</i> . <i>Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr.</i> , 7 : 71-84.
Partrac, 2006. Measurement of Suspended Sediment Concentration & Tidal Current During Dredging Operations and Post-Dredge at the Offshore Disposal Area, Poole, Dorset.
Peters, 2002. Appui ponctuel à la restauration de la ligne d'eau en Basse-Loire par expertise des mesures bathymétriques et adaptation du protocole de suivi.
Pithakpol, 2007. The impact of maintenance dredging on water quality and phytoplankton standing stock in Kwan Phayao lake, Thailand.
Port Autonome de Bordeaux, 2007. Suivi annuel des opérations de dragage d'entretien du chenal de navigation.
Port Autonome de Marseille, 2001. Dossier d'enquête publique pour les opérations de dragage d'approfondissement du terminal à conteneurs de Fos..

Port autonome de Marseille, 2001. Dossier de demande d'autorisation pour l'approfondissement terminal à conteneurs de Fos
Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire, 2004. Campagne 2004 de suivi biosédimentaire de la zone d'immersion de La Lambarde et de ses abords.
Port autonome de Nantes Saint-Nazaire, 2005. Etude d'incidence des dragages d'entretien du PANSN.
Port autonome de Nantes Saint-Nazaire, 2005. Etude d'incidence des dragages d'entretiens du chenal de navigation dans l'estuaire de la Loire.
Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire, 2007. Suivi environnemental des dragages d'entretien du PANSN
Port autonome de Nantes Saint-Nazaire, 2008. Dossier de demande d'autorisation pour les immersions de déblais de dragage sur le site de la Lambarde.
Préfecture du Finistère – Préfecture maritime de l'Atlantique, 2008. Schéma de référence des dragages en Finistère.
Préfecture du Finistère – Préfecture maritime de l'Atlantique, 2008. Evaluation environnementale du schéma de référence des dragages en Finistère.
Préfecture du Morbihan – Préfecture maritime de l'Atlantique, 2010. Schéma de référence des dragages du Morbihan.
Région Charente Maritime. Dragage, expérience de la Charente Maritime : plan de gestion opérationnel, mutualisation et politique environnementale. Présentation.
Région Languedoc-Roussillon, 2011. Dossier loi sur l'eau pour le renouvellement de l'autorisation de dragages et de rejets y afférents de Port-La-Nouvelle.
Sousa et al., 2007. Ecotoxicological assessment of sediments from the port of Santos and the disposal sites of dredged material.
Stoddart et al., 2004. Rapid high-precision monitoring of coral communities to support reactive management of dredging in Mermaid Sound, Dampier, Western Australia.
Stoddart et al., 2004. Water quality, plume modeling and tracking before and during dredging in Mermaid Sound, Dampier, Western Australia.
Syndicat Mixte Régional des Ports de Caen-Ouistreham et Cherbourg, 2010. CCTP – Suivi du benthos de la zone d'immersion des déblais de dragage.
Taranaki Regional Council, 2009. Port Taranaki Limited Maintenance Dredging Monitoring Report 2005-2009.
The Port Authority of Jamaica, 2002. Dredging and reclamation programme in Kingston harbor. Final Monitoring report.
UNEP, 2000. Guidelines for the management of dredged materials.
Unesco, 1968. Zooplankton sampling. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris: 170 pp.
Valéry, 2010 : Étude de la répartition spatiale des oiseaux marins au large : Analyse synoptique de l'état de l'art pour le programme de connaissance Natura 2000 en mer. Service du Patrimoine Naturel, MNHN : 8 pp.
Van Canneyt O., Dorémus G., Certain G., Ridoux V., Jeremie S., Rinaldi R., Watremez P., 2009. Distribution et abondance des CETacés dans la zone économique exclusive des Antilles françaises par Observation aérienne Campagne EXOCET - Antilles - Rapport final : 45 pp.
Van Canneyt, O., Doremus, G. Ridoux V. 2003. Etude et conservation des cétacés en Région Poitou-Charente. Rapport CRMM pour la DIREN Poitou-Charentes. 42 p. protocoles et suivi.

Van Parys et al. 2000. Environmental monitoring of the dredging and relocation operations in the coastal harbours in Belgium: MOBAG 2000

Vincent, 2001. Bases écologiques de la conservation du phoque gris (*Halichoerus grypus*) en Mer d'Iroise. Thèse de Doctorat d'Université. Université de Bretagne Occidentale, 221 p.

Watt S. & Greene G., Monitoring harbor dredging and sedimentary changes in coastal habitats of the Santa Cruz Bight, California.

geode

Nous contacter

courriel : ***geode@nantes.port.fr***

téléphone contact : **02 40 44 20 99**

Site internet : **<http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/club-geode-r65.html>**