



NATIONS
UNIES

EP

UNEP/MED WG.509/41



Plan d'action pour
la Méditerranée
**Convention de
Barcelone**

30 août 2021
Français
Original : Anglais

Réunion des Points focaux du MED POL

Téléconférence, 27-28 mai et 6-7 octobre 2021

Point 15 de l'ordre du jour : Méthodologies et techniques d'évaluation et de surveillance des effets néfastes des activités d'immersion

Méthodologies et techniques communes pour l'évaluation et la surveillance des effets néfastes des activités d'immersion

Pour des raisons de coût et de protection de l'environnement, le tirage du présent document a été restreint. Il est aimablement demandé aux délégations d'apporter leur copie de ce document aux réunions et de s'abstenir de demander des copies supplémentaires.

PNUE/PAM
Athènes, 2021

Note du Secrétariat

Le Protocole relatif à la prévention et à l'élimination de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs ou d'incinération en mer (ci-après dénommé le « Protocole immersions ») a été adopté par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone le 16 février 1976 et modifié le 10 juin 1995.

Le programme PNUE/PAM-MED POL a organisé les 9 et 10 octobre 2019, à Athènes (Grèce), la Réunion régionale sur les meilleures pratiques en matière d'application et de respect des règles pour les secteurs industriels. La Réunion a abouti sur des recommandations visant à déterminer et à renforcer la mise en œuvre des techniques en matière de surveillance des activités d'immersion, telles que des enquêtes reposant sur les permis d'immersion et le contrôle du respect des conditions de délivrance des permis.

La 21^e réunion des Parties contractantes à la Convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée et à ses protocoles, tenue à Naples en Italie, du 2 au 5 décembre 2019, a permis de donner pour mission au Secrétariat de travailler, entre autres, sur deux grandes orientations : i) lancer la procédure de mise à jour de l'Annexe au Protocole « immersions » et ii) faciliter les aspects liés à la mise en œuvre du Protocole « immersions » en diffusant les meilleures pratiques sur la mise en œuvre des lignes directrices du Protocole « immersions » aux niveaux régional, sous-régional et national.

Le présent document s'efforce de présenter un ensemble **de méthodes et de techniques communes** qui faciliteront, pour les Parties contractantes, la communication de données compatibles et comparables sur leurs activités de surveillance. Partant, celles-ci leur permettront de s'acquitter encore mieux des obligations de communication qui leur incombent en vertu de la Convention de Barcelone. Il s'appuie également sur les Lignes directrices pour la gestion des matériaux de dragage relatives à **la surveillance des sites d'élimination** et établit un lien, le cas échéant, entre le ou les protocoles) d'orientation/de surveillance de l'IMAP afin de définir les méthodes communes qui garantiront l'unité et l'uniformité des données de surveillance.

Le document a été examiné par la réunion conjointe OMI-LC/LP sur les meilleures pratiques en matière de mise en œuvre, de respect et d'application du protocole « immersion » qui s'est tenue le 2 mars 2021, et des modifications mineures lui ont été apportées. La réunion a demandé au Secrétariat de modifier le document en suivant une approche par étapes et d'y ajouter des informations relatives à la surveillance sur le terrain à faible coût et à faible technologie.

Ce document est présenté à la réunion des points focaux du MEDPOL prévue en octobre 2021 pour examen et approbation finale.

Table des matières

Objectif du document	Error! Bookmark not defined.
1. Introduction	Error! Bookmark not defined.
3. Détermination de l'hypothèse d'impact	Error! Bookmark not defined.
4. Méthodes et techniques communes aux fins de l'évaluation des effets néfastes du dragage	Error! Bookmark not defined.
5. Méthodes et techniques communes aux fins de l'évaluation des effets néfastes sur les sites d'élimination	Error! Bookmark not defined.
6. Échantillonnage des sédiments des fonds marins	Error! Bookmark not defined.
7. Exemples de surveillance	Error! Bookmark not defined.
References	Error! Bookmark not defined.

Annexe I : Informations supplémentaires disponibles pour la surveillance

Liste des abréviations / Acronymes

AIS	Système d'identification automatique
BAT	Meilleures techniques disponibles
BEP	Meilleures pratiques environnementales
COP	Conférence des Parties
CEDA	Association centrale de dragage
EIA	Évaluation de l'impact environnemental
ECHA	Agence européenne des produits chimiques
EPA	Agence de protection de l'environnement
EU	Union européenne
GESAMP	Groupe conjoint d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine
GES	bon état environnemental
IMAP	Programme de surveillance et d'évaluation intégrées de la mer et des côtes
LBS Protocol	Protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique (protocole «tellurique»)
LC/LP	Convention et protocole de Londres
LSPC	Liste des substances d'intérêt possible
MAP	Plan d'Action pour la Méditerranée
MEDPOL	Programme d'évaluation et de lutte contre la pollution marine en Mer Méditerranée
MSFD	Directive-cadre Stratégie pour le milieu marin
RSC	Conventions de mers régionales
UNEP	Programme des Nations Unies pour l'environnement
WODA	Association mondiale de dragage

Objectif du document

1. L'objectif du présent document est de rassembler un ensemble de méthodes et de techniques communes que les Parties contractantes pourront utiliser tant pour le **contrôle des opérations de dragage** effectuées dans des ports, des zones portuaires, des chenaux de navigation et des projets d'infrastructure, tels que la mise en place d'émissaires, de câbles et de canalisations, que pour la **surveillance des sites d'élimination** en mer de déblais de dragage. Veuillez garder à l'esprit que ce document ne décrit pas de procédure ou de processus de surveillance, mais documente les méthodologies et techniques de surveillance du dragage et de l'élimination des matériaux de dragage en mer conformément au protocole « immersion » et aux meilleures pratiques pertinentes.

2. Le présent document prévoit par ailleurs la communication de données compatibles et comparables par les Parties contractantes concernant leurs activités de surveillance menées au titre du Protocole « immersions ». Il facilite ainsi les obligations de communication de données qui leur incombent en vertu de l'article 12 de la Convention de Barcelone. En outre, le présent document apporte des précisions concernant deux grandes questions de plus en plus importantes : le bruit sous-marin et les déchets marins.

Champ d'application du document

3. Le présent document couvre tous les aspects liés à la surveillance des opérations portant à la fois sur le dragage de matériaux provenant des ports, des zones portuaires, des chenaux de navigation et des projets d'infrastructure tels que les émissaires d'égout, les câbles et les canalisations, ainsi que sur l'évacuation en mer des déblais de dragage.

Méthode employée pour l'élaboration du présent document

4. Les informations présentées dans le présent document proviennent principalement de l'examen des documents d'orientation élaborés par le PNUE/PAM-MEDPOL, à savoir la version mise à jour des Lignes directrices pour la gestion des matériaux de dragage¹ ainsi que les Lignes directrices pour l'immersion des matières géologiques inertes non polluées². Elles sont en outre tirées de la Convention et du Protocole de Londres (LC/LP), de la Convention OSPAR, ainsi que des documents d'orientation d'HELCOM et d'autres documents d'orientation nationaux connexes émanant du Canada, des États-Unis et du Royaume-Uni (voir section 2 ci-après).

1. Introduction

1.1 La surveillance en général

5. Un ouvrage publié en 1990 par le Conseil national de la recherche des États-Unis donne une excellente explication de la surveillance du milieu marin en général. Même si cet ouvrage a été publié il y a 30 ans, la description de la surveillance du milieu marin et de son rôle dans la gestion de l'environnement est toujours considérée comme l'une des meilleures en la matière. Cet ouvrage peut être téléchargé gratuitement à partir du lien vers le document qui figure dans la liste des références. Cet ouvrage indique qu'il existe, en règle générale, trois types de surveillance liée au milieu marin :

- i. la surveillance : pour identifier et quantifier les changements environnementaux à long terme (tendances) qui sont des conséquences possibles des activités humaines, p. ex., IMAP.
- ii. le contrôle du respect des règles : pour veiller à ce que les activités soient menées conformément aux règlements et aux dispositions en matière de permis ;

- iii. la vérification des modèles : pour vérifier la validité des hypothèses et des prévisions ayant servi à l'élaboration du plan d'échantillonnage ou à la délivrance de permis, c'est-à-dire l'« **hypothèse d'impact** » ;

6. Le contrôle du respect des règles et la vérification des modèles sont implicitement liés à des mesures de gestion spécifiques, tandis que le contrôle de la surveillance vise à étudier les tendances (spatiales et temporelles) qui s'opèrent en matière de qualité du milieu marin. Chaque type de surveillance s'accompagne d'objectifs qui lui sont propres, bien qu'il s'agisse souvent, mais pas toujours, des mêmes techniques et méthodes.

7. La surveillance de l'évacuation des déblais de dragage (ou d'autres activités d'évacuation dans le milieu marin) suppose à la fois le contrôle du respect des règles et la surveillance de la vérification des modèles, alors que l'IMAP est un exemple de contrôle de la surveillance. Partant, le programme coordonné de surveillance de l'environnement (CEMP) de la Convention OSPAR ne couvre pas la surveillance des sites d'élimination des déblais de dragage. En revanche, il couvre les tendances des activités d'évacuation ainsi que les apports qui en découlent, et ces deux différents programmes de surveillance appliquent souvent les mêmes techniques et méthodes. Il en va de même pour HELCOM.

8. Le paragraphe 142 des lignes directrices actualisées sur la gestion des matériaux de dragage fournissent une justification de la surveillance :

« La surveillance des opérations d'immersion de matériaux de dragage est généralement entreprise pour les raisons suivantes :

- (a) pour déterminer si les conditions du permis ont été respectées (contrôle du respect des règles) et, par conséquent, si elles ont permis d'éviter, comme prévu, les effets négatifs du dragage et de l'immersion sur l'environnement ;
- (b) pour améliorer la base sur laquelle les demandes de permis sont évaluées en comprenant mieux les effets sur le terrain des principaux rejets qui ne peuvent être estimés directement par une évaluation en laboratoire ou à partir de documents publiés ;
- c) pour fournir les preuves nécessaires pour démontrer que, dans le cadre du protocole, les mesures de surveillance appliquées sont suffisantes pour garantir que les capacités de dispersion et d'assimilation du milieu marin ne sont pas dépassées, et que les opérations d'immersion ne causent pas de dommages à l'environnement et ne détériorent pas les GES ».

9. Ce document couvre la surveillance des opérations de dragage et d'élimination. Ces activités peuvent avoir lieu à plusieurs étapes de ces opérations, à savoir avant, pendant et après. Toutefois, la surveillance n'est pas toujours nécessaire à toutes les étapes, voire pas nécessaire du tout. Elle dépendra de l'évaluation des effets potentiels des opérations de dragage et d'élimination proposées ainsi que de toute initiative similaire antérieure sur les sites concernés. Les méthodologies et techniques utilisées pour la surveillance au cours de ces différentes étapes seront les mêmes pour toute composante ou caractéristique environnementale particulière.

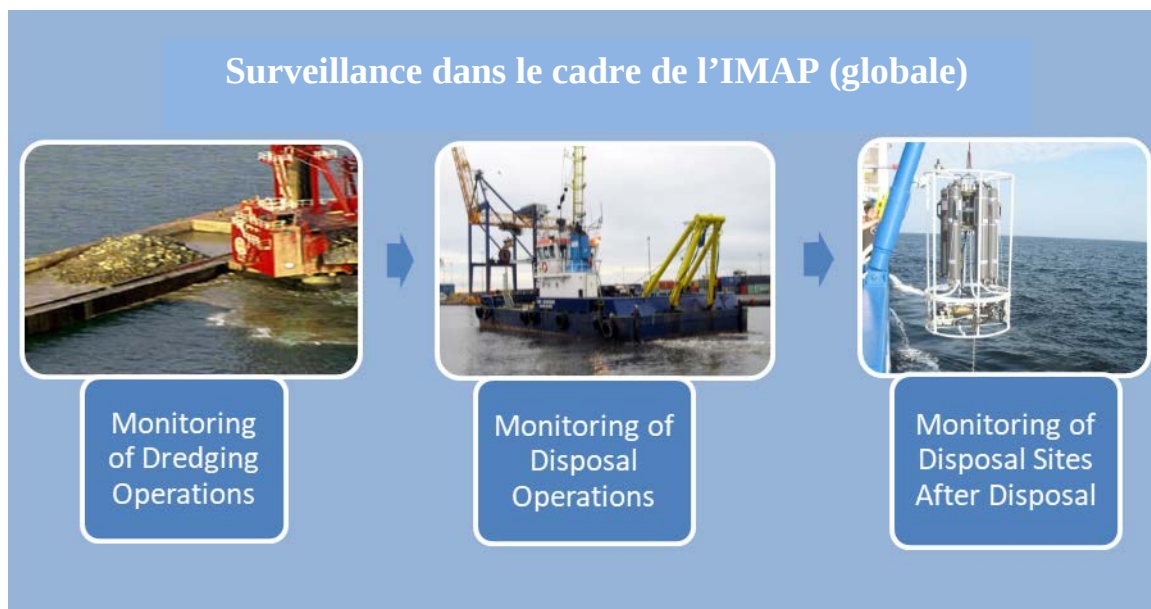


Figure 1 : Interdépendance avec les différents types de surveillance dans le cadre du protocole « immersion » et meilleures pratiques connexes. (Photos de NOAA, EPA et Marine Scotland Assessment)

10. Note that baseline surveys³ need to be carried out prior to any dredging or disposal activities take place in order to define the existing environmental conditions so that subsequent monitoring is able to establish any changes resulting from the dredging or disposal activities.

1.2 Les Lignes directrices du PNUE/PAM pour la réglementation de l'immersion des matériaux de dragage en mer et le Programme intégré de surveillance et d'évaluation (IMAP) de la mer et des côtes méditerranéennes du PNUE/PAM

11. Le paragraphe 144 des Lignes directrices du PNUE/PAM pour la réglementation de l'immersion des matériaux de dragage en mer dispose ce qui suit :

« Dans la mesure du possible, le programme de surveillance doit être en phase avec les programmes de surveillance en cours du MED POL pour les Objectifs écologiques 5, 8, 9 et 10, conformément au Programme intégré de surveillance et d'évaluation (IMAP) de la mer et des côtes méditerranéennes et aux critères d'évaluation connexes énoncés dans la décision IG. 22/7 de la CdP 19. »

12. En ce qui concerne la surveillance des opérations de dragage :

- l'objectif écologique 5 relatif à l'eutrophisation et les indicateurs communs 13 et 14 correspondants ne seront sans doute pas pertinents dans la plupart des cas ;
- l'objectif écologique 8 relatif aux écosystèmes et paysages côtiers et les indicateurs communs 16 et 25 correspondants ne seront, par ailleurs, sans doute pas pertinents dans la plupart des cas, dans la mesure où tout problème potentiel aura normalement été résolu lors de la procédure d'approbation des permis ;
- l'objectif écologique 7 relatif à l'hydrographie et l'indicateur commun 15 correspondant ne seront, ici encore, sans doute pas pertinents dans la plupart des cas, dans la mesure où tout

³ Note that baseline surveys, while a necessary precursor, are not considered monitoring according to some definitions of monitoring e.g., "as any activity that is routinely (regularly) performed, assesses either a pressure or an impact on the marine ecosystem, is based on sound experimental design and is sustained over a number of years" – Karydis and Kitsou (2013).

problème potentiel aura normalement été résolu lors de la procédure d’approbation des permis ;

- l’objectif écologique 9 relatif aux contaminants et les indicateurs communs 17, 18 et 20 correspondants seront pertinents ;
- l’objectif écologique 11 relatif au bruit sous-marin et les indicateurs communs 26 et 27 correspondants seront pertinents.

13. En ce qui concerne la surveillance des sites d’élimination de déblais de dragage :

- l’objectif écologique 5 relatif à l’eutrophisation et les indicateurs communs 13 et 14 correspondants ne semblent pertinents que lorsque l’eutrophisation représente un problème sur les sites d’élimination et à proximité ;
- l’objectif écologique 8 relatif aux écosystèmes et paysages côtiers et les indicateurs communs 16 et 25 correspondants ne seront sans doute pas pertinents, à condition de choisir correctement les sites d’élimination ;
- l’objectif écologique 9 relatif aux contaminants et les indicateurs communs 17, 18 et 20 correspondants seront toujours pertinents ;
- l’objectif écologique 10 relatif aux déchets marins et l’indicateur commun 23 correspondant seront pertinents ;
- l’objectif écologique 11 relatif au bruit sous-marin et les indicateurs communs 26 et 27 correspondants ne figuraient pas au paragraphe 144 des Lignes directrices du PNUE/PAM pour la réglementation de l’immersion des matériaux de dragage en mer, mais il est peu probable qu’ils soient pertinents aux fins de la surveillance des sites d’élimination – voir la section 4.1.4 du document UNEP/MED WG 487/4.

14. Des directives et protocoles de contrôle standards du PNUE/PAM pour les propriétés des sédiments et les propriétés chimiques des sédiments et de l’eau, ainsi que l’évaluation du benthos, etc., sont applicables dans le cadre de l’IMAP et seront utilisés, le cas échéant, pour la surveillance des opérations de dragage et des sites d’élimination de déblais de dragage. Toutefois, un certain nombre de caractéristiques des sédiments et de l’eau ne sont pas couvertes par ces directives et protocoles de contrôle de l’IMAP, mais le sont bel et bien dans le présent document – voir ci-après la section 5.

15. En conclusion, il est donc nécessaire de tenir compte de l’objectif écologique 5 relatif à l’eutrophisation, de l’objectif écologique EO 9 relatif aux contaminants, de l’objectif écologique EO 10 relatif au bruit sous-marin et de l’objectif écologique EO 11 relatif aux déchets marins lors d’activités de surveillance d’opérations de dragage et d’élimination des déblais de dragage.

16. Toutefois, comme IMAP est un programme de surveillance à grande échelle, ses stations d’échantillonnage sont généralement espacées, de sorte qu’il est peu probable d’en trouver une à proximité d’un site d’élimination nécessitant une surveillance. En effet, les programmes de surveillance à grande échelle évitent généralement de placer leurs stations d’échantillonnage à proximité des sites d’élimination pour ne pas fausser les résultats de leur surveillance à grande échelle. Ainsi, les résultats des activités de surveillance réalisées dans le cadre de l’IMAP ne peuvent être utilisés que pour donner une image générale des caractéristiques environnementales régionales et ne peuvent servir de données de référence pour les activités de dragage et d’élimination qui nécessitent des stations d’échantillonnage plus locales et plus rapprochées.

2. Généralités

2.1 Orientations découlant d’autres conventions pour la surveillance des sites d’élimination

17. La Convention et le Protocole de Londres (LC/LP), la Convention OSPAR, HELCOM et le PNUE/PAM ne contiennent pas de documents d’orientation détaillés portant spécifiquement sur les

méthodes et techniques communes aux fins de l'évaluation des effets néfastes des sites d'élimination en mer de déblais de dragage. Ils prévoient tous des conseils limités dans leurs lignes directrices.

18. LC/LP a publié des lignes directrices détaillées pour l'échantillonnage et l'analyse des déblais de dragage destinés à l'évacuation en mer (OMI, 2005). OSPAR et HELCOM disposent de plusieurs documents d'orientation sur des aspects spécifiques liés à la surveillance, lesquels ne seront pas tous forcément pertinents aux fins de la surveillance des sites d'élimination de déblais de dragage (voir Annexe 1).

2.2 Orientations nationales

19. Plusieurs pays ont élaboré des documents d'orientation spécifiques pour l'ensemble ou une partie des aspects liés à la surveillance des sites d'élimination de déblais de dragage, dont l'Australie (Gouvernement australien, 2009, 2012), le Canada (Environnement Canada, 1998a, 1998b), le Royaume-Uni (MEMG 2003, Scottish Office, 1996) et les États-Unis (USEPA/USACE, 2004). Dans les réponses au questionnaire⁴, Chypre est le seul pays à avoir cité un document d'orientation national, mais il est probable que d'autres pays méditerranéens disposent de tels documents.

3. Détermination de l'hypothèse d'impact

20. Les paragraphes 148 à 160 des Lignes directrices du PNUE/PAM pour la réglementation de l'immersion des matériaux de dragage en mer fournissent des orientations d'ordre général sur l'établissement et l'utilisation d'une hypothèse d'impact à des fins de surveillance. Les Directives spécifiques de la LC/du LP pour l'évaluation des déblais de dragage (IMO, 2014) et les Lignes directrices OSPAR sur la gestion des matériaux de dragage en mer (OSPAR, 2014) contiennent des informations supplémentaires sur l'hypothèse d'impact qui sont utiles. Ces Lignes directrices OSPAR comportent des orientations détaillées supplémentaires sur la manière d'établir une hypothèse d'impact et sur des hypothèses testables spécifiques que la surveillance sur le terrain peut confirmer ou infirmer.

21. Lors de l'élaboration d'une hypothèse d'impact, les Parties contractantes à la Convention de Barcelone doivent garder à l'esprit qu'il existe généralement deux types de sites d'immersion : des sites de rétention (accumulables) et des sites de dispersion⁵, chacun nécessitant une hypothèse d'impact qui lui est propre.

22. Dans le cas d'une zone de rétention, où les déblais déposés resteront au voisinage de la zone, l'évaluation permettra de définir les limites de la zone qui sera très sensiblement altérée par la présence des matières déposées, ainsi que le degré de gravité éventuelle de ces altérations. Elle indiquera la probabilité et l'échelle des impacts résiduels en dehors de la zone première où demeureront la majeure partie des déblais déposés.

23. Dans le cas d'une zone de dispersion, l'évaluation définira la zone qui sera probablement altérée à court terme par l'opération d'immersion proposée (autrement dit, le proche terrain), et le degré de gravité des transformations correspondantes dans cet environnement récepteur immédiat. Elle indiquera aussi l'ampleur probable du transport à long terme de matières au départ de cette zone et ce que ce flux représente par rapport aux flux de transport existants dans la zone, ce qui permettra de donner des indications sur l'échelle et la gravité probables des effets à long terme et à distance.

24. L'hypothèse d'impact est dérivée des effets prévus sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des zones situées à l'intérieur et autour du site de dragage et du site d'élimination (paragraphes 148 et 149 des Lignes directrices du PNUE/PAM pour la réglementation de l'immersion des matériaux de dragage en mer). Bien que de nombreux effets potentiels puissent être envisagés [voir Figures 2.1 et 2.2 de MEMG (2003)], seuls ceux qui revêtent une éventuelle importance (peu importe leur définition) nécessitent une surveillance. Il convient alors d'établir des

hypothèses testables pour chacun de ces effets potentiellement importants et de déterminer les mesures à prendre pour les tester. La considération principale pour les hypothèses d'impact doit être adaptée à des informations spécifiques telles que les caractéristiques du site, les espèces spécifiques au site, les échelles spatiales et temporelles locales des paramètres variables et les conditions générales des permis. On distingue deux types de mesures nécessaires aux fins de la surveillance : i) celles à l'intérieur de la zone d'impact prévu et ii) celles à l'extérieur, qui doivent déterminer :

- a) si la zone réelle diffère de celle envisagée ;
- b) si l'ampleur de l'altération projetée à l'extérieur de la zone d'impact s'inscrit dans les limites de l'échelle prévue.

Il existe trois types d'hypothèses d'impact :

Type	Exemples de différents types d'hypothèses
Opérationnel	L'étendue de la dispersion au départ du site d'immersion dépasse-t-elle celle prévue ?
	Le site d'élimination a-t-il les capacités de recevoir la quantité requise ?
Environnement	Les niveaux de solides en suspension dépassent-ils les niveaux critiques pour les poissons ?
	Les altérations nuisent-elles à la santé et à la qualité globales du milieu ?
Effets sur les utilisateurs/utilisations	La profondeur de l'accumulation de matériaux sur le site d'immersion cause-t-elle des problèmes pour la navigation ?

25. Plusieurs exemples d'hypothèses d'impact spécifiques émanant d'Environnement Canada (1998a) et du MEMG (2003) sont présentés ci-après.

Exemples d'hypothèses d'impact pour des opérations de dragage

- La remise en suspension de matériaux fins sera éphémère et, par conséquent, aucun impact ne sera observé sur les sites sensibles adjacents (aucun dépôt de matériaux à grain fin ne sera observé sur les sites sensibles adjacents).
- La restriction des opérations de dragage en dehors de la saison de migration du saumon permettra d'éviter des répercussions sur la montaison du saumon : le dragage n'aura pas d'incidence sur le nombre de saumons remontant la rivière.

Exemples d'hypothèses d'impact pour des opérations d'élimination

26. L'évacuation des déblais de dragage n'entraînera pas :

- a) le transport de matériaux contaminés au départ du site d'élimination,
 - b) des hausses ultérieures de concentration de contaminants dans les sédiments de la zone atteinte par les matériaux transportés,
 - c) l'absorption consécutive de contaminants par le biote, avec les effets qui en découlent sur celui-ci.
- Les déblais de dragage déposés n'atteindront aucun habitat protégé, sous l'effet de la remise en suspension, de l'érosion et du transport de sédiments, dans des quantités suffisantes pour présenter un risque de destruction d'habitat (compte tenu de la compatibilité des matériaux transportés avec les sédiments de l'environnement récepteur). La remise en suspension,

l'érosion et le transport de sédiments des matériaux déposés n'affecteront aucune ressource halieutique.

- L'évacuation des déblais de dragage n'entraînera pas l'absorption de contaminants par les espèces récoltées, ni d'effets potentiels sur la santé humaine.
- Les déblais de dragage déposés n'atteindront aucune zone sensible, sous l'effet de la remise en suspension, de l'érosion et du transport de sédiments, dans des quantités suffisantes pour être nuisibles à des composantes précieuses de la zone sensible (compte tenu de la compatibilité des matériaux transportés avec les sédiments de l'environnement récepteur).
- Le confinement de la majorité des matériaux déposés à l'intérieur du site d'immersion entraînerait une diminution mesurable mais acceptable des profondeurs d'eau, qui ne poserait aucun danger pour le trafic maritime.
- La taille réduite des opérations de dragage restreint la dégradation des fonds marins à des effets locaux transitoires.
- Il ne se produira aucun dépôt détectable de pellicule de boue sur les plages d'agrément.

4. Méthodes et techniques communes aux fins de l'évaluation des effets néfastes du dragage

27. Comme indiqué à la section 1.3, parmi les principales préoccupations environnementales liées au milieu marin qui peuvent nécessiter une surveillance figurent généralement :

- a) la turbidité due aux sédiments mis en suspension dans la colonne d'eau ;
- b) les contaminants associés aux sédiments mis en suspension dans la colonne d'eau qui sont susceptibles d'affecter la qualité de l'eau et d'avoir des répercussions sur le biote. Il pourrait s'agir des déchets marins, en particulier des macro- et microplastiques ;
- c) la baisse possible de la teneur en oxygène dissous en réaction à la présence de matières organiques dans les sédiments en suspension et qui pourrait avoir une incidence sur le biote ;
- d) le bruit sous-marin.

4.1 Turbidité

28. La turbidité est un problème bien connu des opérations de dragage. Elle varie énormément d'une situation à l'autre, en fonction de la technique de dragage utilisée et des circonstances locales, comme indiqué dans le Recueil des meilleures pratiques (UNEP/MED WG 487/4). Parmi les techniques visant à tester la turbidité figurent :

- l'utilisation d'échantillonneurs de déplacement des eaux à plusieurs profondeurs, pour déterminer le profil de profondeur, puis filtrage de l'eau à travers des filtres pour déterminer le poids des solides en suspension ;
- des instruments optiques peuvent mesurer la turbidité par l'examen de la rétrodiffusion ou de la transmission optique. Des instruments de rétrodiffusion optique sont plus sensibles aux sédiments fins (14 à 170 µm) en suspension que des instruments acoustiques. Ils doivent être étalonnés pour indiquer les valeurs de la concentration des sédiments en suspension. Il existe pour cela du matériel de surveillance continue qui peut être déployé à partir de navires, posé sur des bouées ou des structures fixes, afin d'assurer une couverture appropriée sur tout le périmètre des opérations de dragage ;
- des instruments de rétrodiffusion acoustique peuvent être utilisés pour procéder à la surveillance acoustique de la turbidité. Une concentration accrue de sédiments en suspension entraîne une augmentation de l'énergie acoustique rétrodiffusée. Les instruments acoustiques sont plus sensibles aux sédiments grossiers (75 à 250 µm) en suspension. Ils doivent aussi être

étalonnés pour indiquer les valeurs de la concentration des sédiments en suspension. Quant aux instruments optiques, il existe pour cela du matériel de surveillance continue qui peut être déployé à partir de navires, posé sur des bouées ou des structures fixes, afin d'assurer une couverture appropriée sur tout le périmètre des opérations de dragage.

29. Comme expliqué dans le « Recueil des meilleures pratiques » (UNEP/MED WG 487/4), il ne semble pas exister de MPE explicites pour la surveillance de la turbidité résultant du dragage. En revanche, plusieurs publications pourraient être envisagées comme représentant, à elles toutes, les MPE. Il s'agit principalement des publications du Corps des ingénieurs de l'Armée des États-Unis, qui a rédigé de nombreux rapports sur la surveillance et l'évaluation de la turbidité due à des opérations de dragage, notamment Borrowman (2006), Clarke et Wilber (2000), Francingues et Palermo (2005), Germano et Cary (2005), Johnson et Parchure (2000), Reine *et al.* (2002), Thackston et Palermo (2000), Tubman et Corson (2000), Wilber *et al.* (2005). L'Association centrale de dragage (CEDA) a aussi publié plusieurs études utiles sur la turbidité liée à des opérations de dragage (CEDA, 2011a, 2020). Laboyrie *et al.* (2018) contient par ailleurs des orientations utiles sur la surveillance de la turbidité due au dragage à la section 8.3.3.

4.1.2 Contaminants

30. Lorsque le niveau de contaminants chimiques dans les sédiments à draguer suscite des préoccupations quant à leurs effets nocifs potentiels sur la qualité de l'eau et le biote, il est probable que le contrôle de ces contaminants autour de la zone en cours de dragage soit nécessaire. Les meilleures pratiques pour ce type de surveillance sont bien établies dans les directives/protocoles de contrôle concernés du PNUE/PAM. Le dragage de sédiments contaminés nécessite un soin particulier et les publications de Bridges *et al.* (2008) et Palermo *et al.* (2008) fournissent les meilleures informations à ce sujet. À ce titre, l'évaluation des risques liés aux opérations de dragage est essentielle et les publications de Moore *et al.* (1998), PIANC (2006b) et PIANC (2019) contiennent des orientations utiles.

31. La contamination causée par les déchets marins, y compris les macro- et microplastiques, pourrait nécessiter une surveillance si les relevés de prédragage indiquent la possibilité de mise en suspension par le dragage d'importantes quantités de ces matières. Le PNUE/PAM dispose d'un protocole de surveillance pour les microplastiques flottants (UNEP/MED WG.482/19), qui serait utile à cette fin.

4.1.3 Oxygène dissous

32. Si le potentiel de diminution des niveaux d'oxygène dissous due aux opérations de dragage suscite des préoccupations, une surveillance peut s'avérer nécessaire. Il existe pour cela du matériel de surveillance continue qui peut être déployé à partir de navires, posé sur des bouées ou des structures fixes, afin d'assurer une couverture appropriée sur tout le périmètre des opérations de dragage. Les niveaux peuvent aussi être mesurés à partir d'échantillons d'eau discrets en utilisant la technique décrite dans le document UNEP/MED WG.482/7 intitulé « Directives/Protocoles de contrôle concernant la détermination des paramètres hydro-chimiques ».

4.1.4 Bruit sous-marin

33. Il s'agit d'un sujet de préoccupation relativement récent qui gagne en importance ces derniers temps. Bien qu'il ne semble pas exister de MPE ni de document d'orientation pour mesurer le bruit sous-marin produit par des opérations de dragage, il existe un guide de meilleures pratiques pour mesurer le bruit sous-marin en général (Robinson *et al.*, 2014). Le bruit sous-marin est détecté à l'aide d'hydrophones, qui peuvent être installés sur des navires, des structures fixes ou des bouées, selon le cas, pour chaque opération de dragage (Robinson *et al.*, 2014).

34. À cet égard, il convient de noter que le Groupe de travail 226 EnviCom de l'AIPCN travaille sur « Un guide pour l'évaluation et la gestion des effets des sons sous-marins provenant d'activités d'infrastructure de navigation », qui devrait servir d'orientation en matière de suivi lorsqu'il sera disponible (<https://www.pianc.org/uploads/files/EnviCom/ToR-new/ToR-EnviCom-WG-226-A-Guide-for-Assessing-and-Managing-Effects-of-Underwater-Sounds-from-Navigation-Infrastructure-Activities.pdf>).

35. Par ailleurs, la Convention sur la diversité biologique (CDB) a permis l'élaboration d'un projet de rapport de la série technique intitulé « Bruit sous-marin d'origine anthropique : Impacts sur la diversité biologique et les habitats marins et côtiers, et mesures d'atténuation et de gestion » (<https://www.cbd.int/doc/notifications/2020/cbd-ts-underwater-noise-peer-review-en.pdf>). Cette publication devrait fournir des informations utiles dans ce domaine.

36. En outre, il existe plusieurs documents d'orientation sur la mesure du bruit sous-marin résultant du dragage. Le Corps des ingénieurs de l'Armée des États-Unis a produit un certain nombre de publications relatives au bruit sous-marin produit par chacun des principaux types d'équipement de dragage (Dickerson et al. 2001 ; McQueen *et al.*, 2019 ; Reine *et al* 2012a, 2012b ; 2014 ; Suedal *et al.*, 2019). La CEDA et l'Organisation mondiale des associations de dragage (WODA) ont rédigé des orientations générales sur le bruit sous-marin produit par le dragage (CEDA, 2011b ; Thomsen *et al.*, 2013). Il convient de noter que le bruit sous-marin produit par le dragage varie considérablement en fonction des techniques de dragage utilisées, tant en au niveau de l'intensité que de la durée.

37. Enfin, il convient de mentionner que le PNUE/PAM a établi deux indicateurs communs : IC-25 et IC-27 dans le cadre de l'Objectif écologique 11 relatif au bruit sous-marin (UNEP/MED WG.467/5). Toutefois, ni l'une ni l'autre de ces fiches pour ces IC ne mentionnent le bruit sous-marin causé par les opérations de dragage. Il n'en demeure pas moins que les Indicateurs communs CI-25 et CI-27 seront utiles pour évaluer le bruit sous-marin résultant du dragage.

5. Méthodes et techniques communes aux fins de l'évaluation des effets néfastes sur les sites d'élimination

5.1 Introduction

38. La surveillance effectuée au titre du Protocole « immersions » de la Convention de Barcelone porte sur les effets potentiels des sites d'élimination des déblais de dragage et des alentours sur le milieu marin. Ce sont les effets sur le fond marin et le biote correspondant qui sont généralement les plus importants en raison de la nature volumineuse de ces matériaux. Il n'en demeure pas moins que dans certains cas, les effets sur la colonne d'eau peuvent être pertinents. La section 5 du Recueil des meilleures pratiques pour la mise en œuvre du Protocole « immersions » (UNEP/MED WG 487/4) renvoie aux meilleures pratiques applicables à ce type de surveillance.

39. La nécessité d'une surveillance sur le terrain des opérations de dragage dépendra du résultat de l'évaluation des effets potentiels de leur élimination et de toute hypothèse d'impact qui pourrait en résulter. Les effets potentiels de l'élimination de déblais de dragage peuvent être considérés comme un ensemble de causes ascendantes et d'effets primaires, sous forme d'altération du système physique (à la fois dans la colonne d'eau et sur le fond marin) qui, à son tour, se répercute sur la santé du système biologique. Les effets éventuels sur le système biologique et ses utilisations anthropiques peuvent être considérés comme un ensemble de réactions descendantes, tels que les effets sur les échelons plus élevés du système écologique (comme les poissons, les oiseaux de mer et les mammifères marins) ainsi que sur les objectifs de pêche et de conservation. Nos connaissances relatives à ces effets et aux liens établis entre les différentes réactions peuvent être considérées comme un modèle conceptuel qui, en raison de la nature du système et des possibles modifications apportées aux activités de dragage et d'élimination en mer, est naturellement très complexe – voir la Figure 2.1 et la Figure 2.2 dans MEMG (2003).

40. L'évacuation de déblais de dragage peut potentiellement se répercuter sur la colonne d'eau, les conditions des fonds marins et leur biote. La diminution de la clarté de l'eau attribuable à sa turbidité accrue peut, à son tour, se répercuter sur la production primaire phytoplanctonique. Le rejet de matières contenues dans les déblais de dragage, que ce soit sous forme de fraction soluble dans l'eau ou de libération de matières particulaires, peut modifier l'environnement chimique. En effet, les sédiments fins anoxiques libérés dans la colonne d'eau oxygénée peuvent provoquer le rejet de polluants jusqu'ici emprisonnés sous l'effet des conditions chimiques anoxiques. De même, toute présence de matières organiques dans les sédiments provoquera une demande en oxygène dans la colonne d'eau. Le sédiment déposé modifiera la nature du lit sédimentaire s'il est d'une taille de particule différente. Il peut avoir un effet d'asphyxie sur la communauté du lit et il peut aussi apporter de nouveaux organismes dans un secteur. Ces caractéristiques se répercuteront l'une comme l'autre sur la composition de la communauté du lit sédimentaire et, ensuite, sur les poissons démersaux et benthiques qui se nourrissent de cette communauté du lit.

41. Dans les sites où il est estimé que les effets seront principalement d'ordre physique, il est possible que les activités de surveillance puissent en partie reposer sur des méthodes à distance. Ainsi, le sonar à balayage latéral peut repérer les altérations survenues quant au caractère des fonds marins et les techniques bathymétriques, comme la bathymétrie multifaisceaux, permettent de repérer les zones d'accumulation de déblais de dragage. Ces techniques peuvent toutes deux nécessiter un certain degré d'échantillonnage de sédiments pour établir la « réalité de terrain ».

42. Lorsque des effets soit physiques soit chimiques sont envisagés sur le fond marin, il conviendra généralement d'évaluer la composition de la communauté benthique dans les alentours du site d'élimination où les déblais de dragage sont susceptibles d'être transportés. En cas d'effets chimiques, il peut par ailleurs être nécessaire d'examiner la qualité chimique des sédiments et du biote, notamment des poissons et d'autres espèces de coquillages.

43. Afin d'évaluer les effets, la qualité physique, chimique et biologique des zones concernées devra être comparée à celle des sites de référence situés à l'écart des voies de dispersion. Ces sites pourront être ciblés lors des premières étapes de l'analyse d'impact.

44. Le périmètre spatial de l'échantillonnage devra tenir compte de la taille du secteur désigné pour l'immersion de matériaux, de la mobilité des matières déposées et des mouvements des eaux qui détermineront la direction et l'étendue du transport des sédiments. Lorsque les opérations de dragage portent sur la mise en place de canalisations, d'émissaires ou de câbles, celles-ci ont souvent pour effet de déposer les déblais de dragage sur une bande étroite parallèle à la longueur de l'ouvrage installé. Lorsque des tranchées sont creusées pour y installer des canalisations, des émissaires et des câbles, il est courant d'utiliser une partie importante des matériaux mis provisoirement de côté pour combler la tranchée après la pose de la canalisation ou de l'émissaire afin de les protéger (contre des engins de pêche ou des ancres, par exemple). Le dragage pour la pose de câbles n'entraîne pas toujours le creux d'une tranchée : il est courant en effet de déposer les câbles sur la surface du fond marin où ils ne risquent pas d'être endommagés. Dès lors, les opérations de dragage ont pour fonction d'aménager une surface relativement plate pour le trajet du câble, en éliminant les vagues de sable, les grandes ondulations et autres irrégularités du fond marin le long du trajet du câble.

45. La fréquence des relevés dépendra de plusieurs facteurs. Lorsqu'une opération d'élimination dure depuis plusieurs années, il peut être possible de déterminer les effets à un état d'apport stable. Dans ce cas-là, des relevés répétés ne seront nécessaires que de manière épisodique, pour vérifier que les effets s'inscrivent dans les limites prévues, ou en cas de modification des opérations de dragage (quantités ou type de matériaux, mode de dépôt, etc.).

46. L'ensemble des composants et des caractéristiques communs susceptibles de nécessiter ⁶ une surveillance sur le site d'élimination des déblais de dragage et à proximité peut être organisé selon les catégories visées au Tableau 1 ci-dessous (MEMG, 2003). Comme indiqué dans le Recueil des meilleures pratiques pour la mise en œuvre du Protocole « immersions » (UNEP/MED WG 487/4), il est recommandé d'adopter l'approche de surveillance à plusieurs niveaux comme meilleure pratique pour répondre aux hypothèses d'impact de manière à la fois rentable et cohérente. Cette approche est décrite à la Figure 2 ci-dessous émanant d'Environnement Canada (1998a) :

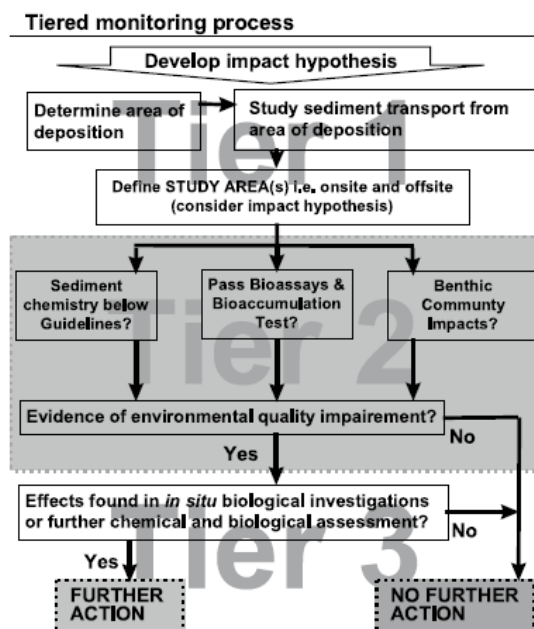


Figure 2 – Processus de surveillance à plusieurs niveaux (Environnement Canada, 1998a)

47. Environnement Canada (1998a) décrit comme suit le processus de surveillance à plusieurs niveaux : « Surveillance physique (Niveau 1) qui définit les limites du site. Cette évaluation est suivie d'évaluations chimiques et biologiques concomitantes (Niveau 2). Les résultats des Niveaux 1 et 2 sont utilisés pour prendre des décisions sur la nécessité d'une surveillance plus poussée (Niveau 3) et répondent généralement à la plupart des hypothèses d'impact. Certains sites susciteront des préoccupations particulières qui nécessiteront d'adopter des paramètres spécifiques ou d'accorder une importance spécifique à l'allocation des ressources de surveillance d'un niveau à l'autre. Toutefois, il est prévu que sur la plupart des sites, le Niveau 1 et le Niveau 2, ainsi que les paramètres de base⁷, seront utilisés et que le Niveau 3⁸ n'aura généralement pas lieu d'être. »

Encadré 1 Surveillance sur le terrain à faible coût et à faible technologie

La Convention de Londres/le Protocole de Londres a élaboré des orientations pouvant s'avérer utiles pour certaines Parties concernant la surveillance sur le terrain à faible coût et à faible technologie pour l'évaluation des effets de l'élimination de matériaux de dragage ou de matériaux géologiques inertes et inorganiques (OMI, 2016) dans les eaux marines. L'objectif de ce document d'orientation consiste à fournir des informations pratiques sur l'utilisation d'outils à faible technologie et à faible coût qui sont utiles pour la surveillance des éventuels impacts environnementaux associés à l'élimination des matériaux de dragage ou des matériaux géologiques inertes et inorganiques dans les eaux marines. Les principaux

destinataires de ces orientations sont les pays qui en sont aux premières étapes de l'élaboration d'actions d'évaluation et de surveillance des déchets, de concert avec les programmes de permis pour l'élimination des déchets et autres matières dans les eaux marines, conformément au Protocole « immersion » de la Convention de Barcelone. Ces lignes directrices pourraient être considérées comme des MPE pour ces pays et sont recommandées aux parties intéressées qui souhaitent les suivre.

L'orientation couvre les thèmes ci-après :

1. Développement de plans de surveillance
2. Éléments clés de la surveillance : Hypothèses d'impact et plan d'échantillonnage
3. Évaluation, interprétation et mesures de gestion
4. Études de cas de plans d'échantillonnage reposant sur des hypothèses nulles avec des actions de gestion
5. Techniques d'échantillonnage sur le terrain pour les caractéristiques physiques
6. Échantillonnage et analyse sur le terrain pour mesurer la contamination et/ou la toxicité chimique
7. Techniques d'échantillonnage sur le terrain et techniques d'évaluation de la santé biologique des sédiments de la décharge

Tableau 1 - Principales composantes et caractéristiques environnementales pertinentes aux fins de la surveillance des opérations d'élimination de déblais de dragage (MEMG, 2003)

Composante	Caractéristique
Hydrographie :	Excursion de la marée
	Circulation poussée par le vent
	Courants sur le fond
	Circulation à court terme
	Circulation à long terme
	Mouvements de sédiments
Colonne d'eau :	Pénétration légère
	Turbidité/matières solides en suspension
	Contaminants dans l'eau/solides en suspension
	Carbone organique particulaire
Fonds marins – Caractéristiques physiques :	Bathymétrie
	Formes des fonds marins
	Caractéristiques physiques des sédiments
	Déchets marins, y compris macro- et microplastiques
Fonds marins – Caractéristiques chimiques :	Caractéristiques chimiques des sédiments – contaminants
	Caractéristiques chimiques des sédiments – carbone organique
	Propriétés des sédiments – pH, oxydoréduction
Fonds marins – Caractéristiques biologiques :	Biotope
	Épibenthos
	Faune endobenthique
Principaux prédateurs :	Poissons
	Oiseaux de mer

	Mammifères
--	------------

48. Le texte figurant ci-après aux sections 5.2 à 5.8 contient des exemples de méthodes et de techniques qui peuvent être utilisées pour surveiller les principales caractéristiques relatives aux opérations d'évacuation énoncées dans le Tableau 1. Chaque point est suivi d'une référence aux protocoles de surveillance correspondants du PNUE/PAM, le cas échéant. De plus amples précisions sur les méthodes et les techniques figurent dans les publications d'Eleftheriou (2013), d'Environnement Canada (1998a, 1998b), de l'OMI (2005), Laboyrie et al. (2018), du MEMG (2003), du Scottish Office (1996) et de Ware et Kenny (2011). Des références spécifiques ne sont fournies que pour les techniques inédites ou nouvelles, dans la mesure où la plupart des techniques décrites sont des techniques océanographiques bien connues et/ou sont couvertes dans les ouvrages susvisés. Étant donné que l'échantillonnage des sédiments est pertinent pour plusieurs caractéristiques visées aux rubriques « Fonds marins – Caractéristiques physiques », « Fonds marins – Caractéristiques chimiques » et « Fonds marins – Caractéristiques biologiques » ci-après, cette question est traitée ultérieurement à la section 6.

5.2 Hydrographie

49. Dans le cadre de ce rapport, l'hydrographie est la science qui mesure et décrit les caractéristiques physiques des masses d'eau. Celle-ci comprend notamment la collecte d'informations sur les marées, les courants et les mouvements des sédiments. Ces informations devraient déjà être disponibles en ce qui concerne les sites existants d'élimination de déblais de dragage, dans la mesure où elles ont normalement été recueillies au cours du processus de sélection des sites. Toutefois, lorsqu'il s'agit de choisir un nouveau site d'élimination de déblais de dragage, les aspects et les techniques suivants peuvent être utilisés pour fournir des informations sur l'hydrographie.

5.2.1 Excursion de la marée

50. L'excursion de la marée doit être mesurée à l'aide d'ancres flottantes immergées, suivies d'un bateau équipé d'un radar et d'un système de relevé de position DGPS, et elle doit être surveillée pour chaque marée sur son cycle vives-eaux/mortes-eaux. De plus, les cartes de navigation fournissent généralement des indications sur la vitesse et la direction des marées à un certain nombre de points (c'est-à-dire, les « diamants de marée » sur les cartes maritimes).

5.2.2 Circulation poussée par le vent

51. Des ancres flottantes de surface suivies d'un bateau équipé d'un système de relevé de position DGPS sous plusieurs conditions de vent. Il est en outre possible d'utiliser l'imagerie OSCAR (radar des courants de surface océanique) et ADCP (profil de courant acoustique Doppler).

5.2.3 Courants sur le fond

52. Des landers de fond, avec courantomètres à enregistrement. Aussi, des dériveurs de fonds marins : déploiement de dériveurs en plastique, chacun étiqueté et avec récompense en cas de récupération.

5.2.4 Circulation à court terme

53. Des courantomètres à lecture directe (DRCM) ou courantomètre à enregistrement (RCM), déployés sur des cycles de marée et dans des conditions différentes vives-eaux/mortes-eaux. Ils peuvent être déployés conjointement avec d'autres appareils de mesure des paramètres de l'eau (par ex., profondeur, température, salinité/conductivité, oxygène, turbidité) pour définir les masses d'eau. Des ADCP peuvent aussi être utilisés.

5.2.5 Circulation à long terme

54. Un courantomètre à enregistrement (RCM) déployé sur un cycle lunaire.

5.2.6 Mouvements de sédiments

55. Des landers de fond déployant un éventail de capteurs optiques et d'équipements d'échantillonnage d'eau. De nombreux traceurs de sédiments sont en outre utilisés, par exemple des traceurs fluorescents.

5.3 Colonne d'eau

5.3.1 Pénétration légère

56. Le dispositif le plus simple est le disque de Secchi qui mesure la transparence de l'eau. Le PNUE/PAM a établi des directives/protocoles de contrôle en la matière dans le document UNEP/MED WG.482/6 : Directives/Protocoles de contrôle pour la détermination des paramètres hydro-physiques. De plus, des luxmètres sous-marins peuvent être déployés pour mesurer la pénétration du rayonnement photosynthétiquement actif (RPA) en fonction de la profondeur.

5.3.2 Turbidité/matières solides en suspension

57. Les techniques sont les mêmes que celles indiquées à la section 4.1 ci-dessus pour le dragage.

5.3.3 Contaminants dans l'eau/solides en suspension

58. Les échantillons d'eau sont prélevés à l'aide de filtres et d'échantillonneurs océanographiques standards afin de déterminer la charge en suspension et la phase dissoute dans le cadre de l'analyse des contaminants inorganiques ou organiques. Le PNUE/PAM a établi deux directives/protocoles de surveillance à ce sujet :

- WG. 482/15 : Directives/Protocoles de contrôle concernant le prélèvement et la conservation des échantillons d'eau de mer pour l'indicateur commun 17 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques.
- WG. 482/16 : Directives/Protocoles de contrôle concernant la préparation et l'analyse des échantillons d'eau de mer pour l'indicateur commun 17 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques.

5.3.4 Carbone organique en particules

59. Des échantillons d'eau sont filtrés pour recueillir les particules. Parmi les techniques qui peuvent être employées figurent soit l'analyseur CHN avec perte au feu exprimée en pourcentage, soit la technique d'oxydation par voie humide suivie par spectrophotométrie ou titration.

5.3.5 Bruit sous-marin

60. Comme indiqué précédemment à la section 1.2 et à la section 4.1.4 du Recueil des meilleures pratiques (document UNEP/MED WG 487/4), il est peu probable que l'objectif écologique 11 relatif au bruit sous-marin et les indicateurs communs 26 et 27 (UNEP/MED WG.467/5) soient pertinents aux fins de la surveillance des sites d'immersion. En effet, le bruit sous-marin provenant du trafic maritime général est bien plus susceptible d'être une source significative de bruit sous-marin que les activités d'immersion.

5.4 Fonds marins – Détermination des caractéristiques physiques

5.4.1 Bathymétrie (c'est-à-dire la mesure de la profondeur de l'eau dans une zone de la mer afin de produire une carte de la topographie des fonds marins)

61. Exemple de techniques de bathymétrie :

- bathymétrie par échosondeur et multifaisceaux pour fournir un enregistrement précis des variations de profondeur sur la superficie des sites d'élimination.

5.4.2 Formes des fonds marins (y compris les vagues de sable, les méga-rides, les affleurements rocheux, etc.)

62. Exemples de techniques possibles :

- photographie, pour indiquer la présence de différents types d'ondulations, de surfaces rocheuses, de crevasses, de poches de sédiments dans le substrat dur ;
- sondeur à balayage latéral pour réaliser un balayage de la zone offrant une interprétation en 2 dimensions ;
- profilage des fonds marins, par ex. des sondeurs de sédiments et RoxAnn (http://www.sonavision.co.uk/products.asp?cat_id=1), qui présentent les caractéristiques du fond (types de substrat, formes du fond, principales variations des fonds marins).

5.4.3 *Caractéristiques physiques des sédiments (par ex. taille des particules de sédiments, densité, teneur en eau, perméabilité, etc.)*

63. Exemples de techniques possibles :

- une évaluation subjective suite à un échantillonnage par grappillage ou par carottage : évaluation visuelle experte de la boue, du sable boueux, etc. ;
- analyse détaillée de la taille des particules des échantillons prélevés par grappillage ou par carottage ; analyse granulométrique utilisant le tamisage pour la fraction des particules plus grossières et la granulométrie laser (par exemple, Malvern, Frisch), compteur Coulter ou analyse par pipette pour la fraction des particules plus fines si < 5 % en poids ;
- analyses géotechniques, par exemple pour la densité en vrac, les limites liquides/plastiques, la consolidation, la perméabilité et la résistance au cisaillement (Fitzpatrick et Long, 2007) ;
- imagerie du profil des sédiments : cette technique permet l'acquisition rapide de données pendant l'échantillonnage sur le terrain et la mesure à partir de chaque image d'une grande variété de paramètres physiques et biologiques, notamment :
 - taille du grain, mode et gamme principaux (gravier, sable, limon, argile) ;
 - profondeur de la discontinuité du potentiel apparent d'oxydoréduction ;
 - calcul de l'indice organisme-sédiment, permettant de déterminer et de cartographier rapidement les gradients de perturbation dans les zones étudiées ;
 - stade de succession de la faune benthique endogée ;
 - preuve de charge organique excessive et de forte demande d'oxygène dans les sédiments ;
 - de plus amples détails peuvent être obtenus en consultant :
<https://www.inspireenvironmental.com/2015/12/04/sediment-profile-imaging/#:~:text=Sediment%20Profile%20Imaging%20allows%20rapid%20data%20acquisition%20during,%28gravel%2C%20sand%2C%20silt%2C%20clay%29.%20Small-scale%20surface%20boundary%20roughness>

5.4.4 Déchets marins, y compris macro- et microplastiques

64. Il existe une multitude d'articles et de rapports sur les techniques d'échantillonnage, d'analyse et de mesure des déchets marins. Les techniques les mieux conçues sont celles qui contrôlent les macrodéchets sur les plages, dans la mesure où les directives à ce sujet ont été élaborées sur une longue période. On peut ainsi citer les directives OSPAR pour la surveillance des déchets marins sur les plages de la zone maritime OSPAR (<https://www.ospar.org/documents?v=7260>). Le PNUE/PAM prévoit l'objectif écologique 10 qui concerne les déchets marins et l'Indicateur commun 23 intitulé « Tendances relatives à la quantité de déchets dans la colonne d'eau, y compris les microplastiques et les déchets reposant sur les fonds marins ». Cet indicateur commun s'accompagne d'une liste de contrôle pour la collecte de données sur les déchets marins reposant sur les fonds marins (IMAP CI23).

65. L'étude récente de Madricardo *et al.* (2020) présente un aperçu des méthodes de pointe actuelles traitant de la question de la pollution par des macrodéchets reposant sur les fonds marins. Les sujets suivants y sont abordés : la surveillance de la présence de macrodéchets sur les fonds marins, le repérage d'éventuelles zones sensibles d'accumulation de déchets reposant sur les fonds marins à l'aide de modèles numériques et des approches de gestion des déchets sur les fonds marins (allant des protocoles d'enlèvement aux procédés de recyclage). Il semble toutefois que pour l'heure, il n'existe pas de documents reconnus sur les meilleures pratiques, ni de méthodes largement admises pour contrôler les déchets marins reposant sur les fonds marins.

66. En ce qui concerne les microplastiques, les meilleures recommandations actuellement disponibles sont celles proposées dans les lignes directrices de GESAMP (2019), notamment :

- conception de programmes de surveillance et d'évaluation ;
- méthodes de surveillance pour les littoraux ;
- méthodes de surveillance pour la surface de la mer et la colonne d'eau ;
- méthodes de surveillance pour les fonds marins ;
- méthodes de surveillance pour le biote marin ;
- traitement de l'échantillonnage pour les microplastiques ;
- méthodes de caractérisation physique, chimique et biologique des déchets plastiques.

67. Il convient de noter qu'OSPAR élabore actuellement un indicateur pour la présence de microplastiques dans les sédiments. Malgré les nombreux articles et rapports existants sur les techniques d'échantillonnage, d'analyse et de mesure pour les microplastiques marins, en raison de la multitude de techniques employées donnant des résultats non comparables, il serait inopportun de les citer ici.

5.5 Fonds marins - Caractéristiques chimiques

5.5.1 Caractéristiques chimiques des sédiments – contaminants

68. Échantillonnage par grappillage ou par carottage (matériaux non contaminants), puis analyse par digestion et spectroscopie d'absorption atomique ou d'émission à plasma pour les métaux ; GCMS ou HPLC pour les contaminants organiques ; hydrocarbures pétroliers par extraction et gravimétrie ou GCMS. Le PNUE/PAM a établi deux directives/protocoles de surveillance à ce sujet :

- WG. 482/11 : Directives/Protocoles de contrôle concernant le prélèvement et la conservation des échantillons de sédiments pour l'indicateur commun 17 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques ;

- WG 482/12 : Directives/Protocoles de contrôle concernant la préparation et l'analyse des échantillons de sédiments pour l'indicateur commun 17 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques.
- L'imagerie de profil des sédiments peut être utilisée avec des gels de la technique du gradient diffusif sur film fin (DGT) pour donner des informations sur les profils des contaminants contenus dans la couche supérieure de 20 cm des sédiments (Birchough *et al.* (2010). Il est par ailleurs possible d'utiliser un échantillonneur passif pour évaluer la biodisponibilité des contaminants chimiques dans les sédiments, p. ex. Gilmore et al. (2020) et l'article LC/SG 41/INF.7 intitulé « Procédures de laboratoire, de terrain et d'analyse pour l'utilisation de l'échantillonnage passif dans l'évaluation de sédiments contaminés : Mode d'emploi », disponible sur les comptes Web de l'OMI.

5.5.2 Caractéristiques chimiques des sédiments – Contenu organique

69. Échantillonnage par carottage ou par grappillage pour obtenir des sédiments de surface non perturbés, puis évaluation de la perte au feu (à l'aide d'un four à moufle), mesure directe du carbone et de l'azote par l'analyseur de CHN ou par la technique d'oxydation par voie humide pour le carbone. De plus, la technique micro-Kjeldahl pour l'azote.

5.5.3 Propriétés des sédiments – Oxydoréduction (Eh)

70. Mesures par électrodes de platine enfouies dans les sédiments dans un échantillon prélevé par carottage ou grappillage, pour déterminer le profil et la profondeur d'Eh du niveau de discontinuité du profil d'oxydoréduction.

5.6 Fonds marins - Caractéristiques biologiques

5.6.1 Biotope

71. Un biotope constitue une zone de conditions environnementales uniformes fournissant un lieu de vie pour un assemblage spécifique de plantes et d'animaux.⁹

72. Exemples de techniques possibles :

- photographie fixe et vidéo à l'aide d'un traîneau épibenthique remorqué derrière un navire ou d'une caméra lestée ; étalonnage de la zone observée ; enregistrement des organismes mégabenthiques et de toutes les caractéristiques de surface (petites dépressions, entrées de terriers) ;
- utilisation d'un robot (ROV) télécommandé à partir du navire pour déterminer la nature précise des caractéristiques biologiques ; si nécessaire, vérification au sol par le prélèvement d'échantillons par carottage et grappillage ;
- cartographie du biotope au moyen d'une combinaison de techniques : bathymétrie multifaisceaux, sonar à balayage latéral, sondeurs de sédiments et RoxAnn, avec vérification au sol par carottage et grappillage.

5.6.2 Épibenthos

73. Exemples de techniques possibles :

- photographie photo et vidéo (comme pour le biotope) ;

- utilisation d'un robot télécommandé (ROV) (comme pour le biotope) ;
- traîneau épibenthique remorqué, drague de naturaliste ou drague à pétoncle à partir du navire, avec analyse à bord ;
- engins remorqués sur les fonds marins : par ex. Agassiz ou chalut à perche avec analyse à bord des formes grandes et courantes, mais analyse en laboratoire pour une identification plus précise.

5.6.3 Faune endobenthique

74. Le PNUE/PAM a établi des directives et un protocole de surveillance en la matière portant sur cette question dans le document UNEP/MED WG.461/21 : Mise à jour des protocoles de surveillance sur les habitats benthiques : Directives pour la surveillance des habitats benthiques marins en Méditerranée.

75. Exemples de techniques possibles :

- utilisation d'échantillonneurs par grappillage ou carottage pour fournir des échantillons entièrement quantitatifs ; tamisage à bord et tri et identification en laboratoire pour connaître l'abondance, la biomasse et la richesse en espèces par échantillon ;
- imagerie du profil des sédiments (SPI) pour obtenir des photographies (et éventuellement une analyse des photos) du type de sédiments par rapport aux organismes présents – voir ci-dessus.

5.6.4 Contaminants dans le biote

76. Le PNUE/PAM a établi plusieurs protocoles de contrôle concernant ce sujet :

- UNEP/MED WG.482/13 Directives/Protocoles de contrôle concernant le prélèvement et la conservation des échantillons de biote marin pour l'indicateur commun 17 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques ;
- UNEP/MED WG.482/14 Directives/Protocoles de contrôle concernant la préparation et l'analyse des échantillons du biote marin pour l'indicateur commun 17 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques ;
- UNEP/MED WG.482/17 Directives/Protocoles de contrôle concernant le prélèvement et la conservation des échantillons de coquillages pour l'indicateur commun 20 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques ;
- UNEP/MED WG.482/18 Directives/Protocoles de contrôle concernant la préparation et l'analyse des échantillons de coquillages pour l'indicateur commun 20 de l'IMAP : métaux lourds, éléments traces et polluants organiques.

5.7 Principaux prédateurs

77. Le document UNEP/MED WG.458/4 : « Orientations sur la surveillance des indicateurs communs relatifs à la biodiversité et aux espèces non indigènes » couvre les cétacés, les phoques moines, les oiseaux de mer et les tortues marines.

5.7.1 Poissons

78. Chalutage pélagique de la colonne d'eau en péril ; chalutage à plateaux, à perche ou d'Agassiz pour les poissons démersaux et benthiques ; analyse à bord pour en déterminer les espèces, l'abondance, la biomasse et la taille des espèces dominantes.

5.7.2 Oiseaux de mer

79. Photographie aérienne et côtière, enregistrement visuel.

5.7.3 Mammifères

80. Photographie, enregistrement visuel

5.7.4 Reptiles (tortues marines)

81. Photographie, enregistrement visuel.

5.8. Nouvelles techniques de surveillance

82. Un certain nombre de nouvelles techniques de surveillance du milieu marin sont apparues et continuent d'apparaître en raison du développement de nouvelles technologies. En particulier, l'utilisation de véhicules autonomes (drones) sous l'eau, à la surface de la mer ou dans les airs, offre de nouvelles possibilités de surveillance du milieu marin. Des véhicules sous-marins autonomes motorisés (AUV) sont utilisés depuis quelque temps pour effectuer, par exemple, des relevés à sonar à balayage latéral, des bathymétries multifaisceaux et des sondages de sédiments. En outre, l'utilisation de planeurs sous-marins et de drones de surface devient de plus en plus répandue. Le Canada a présenté un examen utile des nouveaux drones pour la surveillance du milieu marin lors de la réunion des groupes scientifiques de LC/LP en 2019 (LC/SG 42/INF.11 disponible sur les comptes Web de l'OMI). Voir, par ailleurs, les chapitres 11 à 16 dans NOC (2020) pour plus de détails sur divers appareils de ce type.

6. Échantillonnage des sédiments des fonds marins

83. L'échantillonnage des sédiments des fonds marins est nécessaire pour permettre à la fois l'analyse des caractéristiques physiques et chimiques des sédiments, ainsi que l'évaluation du benthos. Plusieurs aspects interviennent dans l'échantillonnage des sédiments des fonds marins, notamment :

- La conception d'un plan d'échantillonnage ;
- La sélection des paramètres physiques, chimiques et biologiques à mesurer, déterminée d'après les hypothèses d'impact ;
- La conception d'un plan analytique s'accompagnant des mesures adaptées d'assurance qualité/de contrôle qualité, pour faire en sorte que l'analyse et les données répondent aux exigences de l'évaluation requise ;
- L'échantillonnage sur le terrain de sédiments au moyen de divers appareils. Le prélèvement de ces échantillons se fait généralement par grappillage ou par carottage, question qui est amplement développée dans Mackie *et al.* (2007) (grappillage uniquement), Eleftheriou (2013) ;
- L'existence de conteneurs d'échantillons et de procédures appropriées pour la manipulation, le transport et le stockage des échantillons.

84. Les directives/protocoles de contrôle du PNUE/PAM visés dans les documents UNEP/MED WG.482/11 et UNEP/MED WG.482/13 couvrent le prélèvement et la conservation des échantillons, dans le premier cas, pour les sédiments, et dans le deuxième, pour le biote marin. À cela s'ajoutent

plusieurs publications utiles qui couvrent l'ensemble ou une partie des aspects susvisés, notamment celles d'Eleftheriou (2013), d'Environnement Canada (1994), de l'OMI (2005), du MEMG (2003), du Scottish Office (1996) et de l'USEPA (2001). Pour l'échantillonnage de sédiments à grains grossiers (c'est-à-dire, les sables et les graviers), il convient d'utiliser les lignes directrices pour les études benthiques sur les sites d'extraction d'agrégats marins de Ware et Kenny (2011). En outre, un examen des outils utilisés pour la surveillance du milieu marin au Royaume-Uni par Bean *et al.* (2017) contient des informations utiles sur le matériel et les techniques de surveillance, la collecte de données et les programmes de surveillance, y compris ceux concernant les contaminants, l'eutrophisation, les espèces non indigènes, l'hydrographie, la biodiversité, les déchets marins et le bruit marin.

7. Exemples de surveillance

85. Des exemples de programmes nationaux de surveillance figurent à la section 5 du MEMG (2003), Bolam *et al.* (2018), Environnement Canada (2007) et USEPA (2017) et d'un programme individuel de surveillance portuaire à Dublin Port Company (2020).

Références

- Australian Government (2009) National Assessment Guidelines for Dredging, Commonwealth of Australia, Canberra, 92 pp.
<https://www.environment.gov.au/system/files/resources/8776675b-4d5b-4ce7-b81e-1959649203a6/files/guidelines09.pdf>
- Australian Government (2012) Checklist for completing long term monitoring and management plans for dredging, Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, 6 pp. <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/c307da1c-237b-43a8-a178-583a60e388d1/files/ltmmp-checklist.pdf>
- Bean, T.P., *et al.* (2017) A review of the tools used for marine monitoring in the UK: combining historic and contemporary methods with modeling and socioeconomics to fulfill legislative needs and scientific ambitions, *Frontiers in Marine Science*. 4:263.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00263>
- Birchenough, S.N.R., Parker, R.E., Ware, S., Kroeger, S., Mason, C. Bolam, T. (2010) Development of Sediment Profile Imagery (SPI) capability as a routine tool for monitoring marine environments. Project ME1401 Final report to Defra. 64 pp.
http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=me1401_9374_FRP.pdf
- Bolam, S.G., Mason, C., Curtis, M., Griffith, A., Clare, D., Pettafor, A., Hawes, J., Fernand, L., Beraud, C. (2018) Dredged Material Disposal Site Monitoring Round the Coast of England: Results of Sampling (2017-18), 109 pp.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/736276/C6794_Dredge_Disposal_Monitoring_Annual_Report_V2.1.pdf
- Borrowman, T. D. (2006) Summary of measurement protocols for sediment resuspended from dredging operations, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-D8, 9 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8728/1/ERDC-TN-DOER-D8.pdf>
- Bridges, T.S., Ells, S., Hayes, D., Mount, D., Nadeau, S.C., Palermo, M.R., Patmont, C. and Schroeder, P. (2008) The Four Rs of Environmental Dredging: Resuspension, Release, Residual, and Risk, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, Technical Report ERDC/EL TR-08-04, 63 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/6855/1/EL-TR-08-4.pdf>
- CEDA (2011a) Environmental control on dredging projects: Lessons learned from 15 years of turbidity monitoring. A CEDA Information paper, 3 pp.
https://dredging.org/media/ceda/org/documents/Resources/CEDAonline/2011-ceda_information_paper_environmental_control_ondredging_projects.pdf
- CEDA (2011b) Underwater Sound in Relation To Dredging, A CEDA Information paper, 6 pp.
https://dredging.org/media/ceda/org/documents/Resources/CEDAonline/2011-11_ceda_positionpaper_underwatersound_v2.pdf
- CEDA (2020) Assessing and evaluating environmental turbidity limits for dredging, A CEDA Information paper, 21 pp.
<https://dredging.org/media/ceda/org/documents/Resources/CEDAonline/2020-05-aetl.pdf>
- Clarke, D. G. and Wilber, D. H. (2000) Assessment of Potential Impacts of Dredging Operations Due to Sediment Resuspension, U.S. Army Engineer Research and Development Center,

- Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-E9, 14 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8743/1/TN-DOER-E9.pdf>
- Dickerson, C., Reine, K.J., and Clarke, D. G. (2001) Characterization of Underwater Sounds Produced by Bucket Dredging Operations, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-E14, 17 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8747/1/TN-DOER-E14.pdf>
- Dublin Port Company (2020) Dumping at Sea Permit S0024-01 – Annual Environmental Report 2019, 119 pp. http://www.epa.ie/licences/lic_eDMS/090151b280764315.pdf
- Eleftheriou, A. (Editor) (2013) Methods for the Study of Marine Benthos, 4th Edition, Wiley Blackwell Publishing, 496 pp. ISBN: 978-0-470-67086-6 <https://www.wiley.com/en-gb/Methods+for+the+Study+of+Marine+Benthos%2C+4th+Edition-p-9780470670866>.
- Environment Canada (1994) Guidance document on collection and preparation of sediments for physicochemical characterization and biological testing, Report EPS 1/RM/29, 170 pp. http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ec/En49-24-1-29-eng.pdf
- Environment Canada (1998a) National guidelines for monitoring dredged and excavated material at ocean disposal sites - <http://www.publications.gc.ca/site/eng/471408/publication.html>
- Environment Canada (1998b) Technical guidance for physical monitoring at ocean disposal sites, 170 pp. http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ec/En14-186-1998-eng.pdf
- Environment Canada (2007) Compendium of Monitoring Activities at Disposal at Sea Sites in 2005-2006, 38 pp. http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ec/En81-19-2006-eng.pdf
- Fitzpatrick, F. and Long, D. (2007) Chapter 16, Geotechnical Measurements, In ‘Review of Standards and Protocols for Seabed Habitat Mapping’, Coggan *et al.* (Eds) (2007), MESH Action 2.1, INTERREG IIIB-NW European Program, 139-151. https://www.emodnet-seabedhabitats.eu/media/1663/mesh_standards_protocols_2nd-edition_26-2-07.pdf
- Francingues, N.R. and Palermo, M.R. (2005) Silt Curtains as a Dredging Project Management Practice , U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-E21, 18 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8750/1/TN-DOER-E21.pdf>
- Germano, J. D., and Cary, D. (2005) Rates and Effects of Sedimentation in the Context of Dredging and Dredged Material Placement, DOER-E19, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS., DOER Technical Notes ERDC DOER-E19, 12 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8704/1/ERDC-TN-DOER-E19.pdf>
- GESAMP (2019). Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130pp. <http://www.gesamp.org/site/assets/files/2002/rs99e.pdf>
- Gillmore, M.L., et al. (2020) The diffusive gradients in thin films (DGT) technique predicts sediment nickel toxicity to the amphipod, *Melita plumulosa*. Environmental Toxicology and Chemistry <https://doi.org/10.1002/etc.4971>
- IMO (2005) Guidelines for the sampling and analysis of dredged material intended for disposal at sea’, International Maritime Organization, London, ISBN 92-801-4192-9, 72 pp.

- IMO (2014) Waste assessment guidelines under the London Convention and London Protocol, Available through IMO Publications, ISBN 978-92-801-16137.
- IMO (2016) Low cost, low technology field monitoring: assessment of the effects of disposal in marine waters of dredged material or inert, inorganic, geological material, IMO Publications, 110 pp. ISBN 978-92-801-16564.
- Johnson, B. H., and Parchure, T.M. (2000) Estimating Dredging Sediment Resuspension Sources, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-E6, 9 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8739/1/TN-DOER-E6.pdf>
- Laboyrie, H.P., Van Koningsveld, M., Aarinkhoff, S.G.J., Van Parys, M., Jensen, A, Csiti, A, and Kolman, R. (2018) Dredging for Sustainable Infrastructure. CEDA/IADC, The Hague, The Netherlands. <https://www.sustainabledredging-book.com/>
- Mackie, A.S.Y., Coggan, R. and van-Heteren, S. (2007) Chapter 17, Grab Sampling, In 'Review of Standards and Protocols for Seabed Habitat Mapping', Coggan *et al.* (Eds) (2007), MESH Action 2.1, INTERREG IIIB-NW European Program, 152-170. https://www.emodnet-seabedhabitats.eu/media/1663/mesh_standards_protocols_2nd-edition_26-2-07.pdf
- McQueen, A.D., Suedel, B.C. and Wilkens, J.L. (2019) Review of the Adverse Biological Effects of Dredging-Induced Underwater Sounds. Journal of Dredging 17(1), 1-22. <https://www.westerndredging.org/phocadownload/WEDA%20Journal%20Vol%2017%20No%201.pdf>
- MEMG (2003) Final Report of the Dredging and Dredged Material Disposal Task Team, Marine Environmental Management Group, The Group Coordinating Sea Disposal Monitoring, Cefas, Lowestoft, Aquatic Environmental Monitoring Report No. 55, 53 pp. <https://www.cefas.co.uk/publications/aquatic/aemr55.pdf>
- Moore, D. W., Bridges, T. S., Ruiz, C., Cura, J., Driscoll, S. K., Vorhees, D., Peddicord, D. (1998). Environmental Risk Assessment and Dredged Material Management: Issues and Application, Proceedings - Workshop 18-20 February 1998, San Diego Mission Valley Hilton, San Diego, California, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS., ERDC Technical Report DOER-2, 53 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/4630/1/6649.pdf>
- National Research Council (1990) Managing Troubled Waters. The Role of Marine environmental Monitoring, National Academy Press, Washington D.C., 136 pp. <https://www.nap.edu/catalog/1439/managing-troubled-waters-the-role-of-marine-environmental-monitoring>
- NOC (2020) National Marine Facilities Technology Roadmap 2020/21, National Oceanography Centre, Southampton, UK, 55 pp. <https://www.noc.ac.uk/files/documents/about/ispo/COMMS1155%20NMF%20TECHNOLOGY%20ROADMAP%202021%20V4.pdf>
- OSPAR (2014) OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea. Agreement 2014-06, 39 pp. <https://www.ospar.org/documents?d=34060>
- Palermo, M.R., Schroeder, P.R., Estes, T.J. and Francingues, N.R. (2008) Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, Technical Report ERDC/EL TR-08-29, 302 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/6894/1/ERDC-EL%20TR-08-29.pdf>

- PIANC (2006) Environmental Risk Assessment of Dredging and Disposal Operations, The World Association for Waterborne Transport Infrastructure, Report of WG 10, 48 pp.
<https://www.pianc.org/publications/envicom/environmental-risk-assessment-of-dredging-and-disposal-operations>
- PIANC (2019) A Practical Guide to Environmental Risk Management (ERM) for Navigation Infrastructure Projects, EnviCom WG 175, pp.
<https://www.pianc.org/publications/envicom/wg175>
- Reine, K. J., Clarke, D. G. and Dickerson, C. (2002) Acoustic Characterization of Suspended Sediment Plumes Resulting from Barge Overflow, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-E15, 15 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8746/1/TN-DOER-E15.pdf>
- Reine, K. J., Clarke, D. G. and Dickerson, C. (2012a) Characterization of underwater sounds produced by a hydraulic cutterhead dredge fracturing limestone rock, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC TN-DOER-E34, 19 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8684/1/ERDC-TN-DOER-E34.pdf>
- Reine, K. J., Clarke, D. G. and Dickerson, C. (2012b). Characterization of underwater sounds produced by backhoe dredge excavating rock and gravel. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC TN-DOER-E36, 29 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8748/1/ERDC-TN-DOER-E36.pdf>
- Reine, K.J., Clarke, D., Dickerson, C. and Wikel, G. (2014) Characterization of Underwater Sounds Produced by Trailing Suction Hopper Dredges During Sand Mining and Pump-out Operations, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, Technical Report ERDC/EL TR-14-3, 109 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/7123/1/ERDC-EL%20TR-14-3.pdf>
- Robinson, S.P., Lepper, P. A. and Hazelwood, R.A. (2014) Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, NPL Good Practice Guide No. 133, 97 pp. ISSN: 1368-6550. <https://www.npl.co.uk/special-pages/guides/gpg133underwater>
- Scottish Office (1996) Monitoring and Assessment of the Marine Benthos at UK Dredged Material Disposal Sites, Scottish Fisheries Information Pamphlet. No. 21, 35 pp.
https://www.researchgate.net/publication/272418958_Monitoring_and_Assessment_of_the_Marine_Benthos_at_UK_Dredged_Material_Disposal_Sites
- Suedel, B.C., McQueen, A.D. and Wilkens, J.L. (2019) Evaluating Effects of Dredging-Induced Underwater Sound on Aquatic Species: A Literature Review, DOER Technical Report, ERDC EL TR-19-18, 138 pp.
https://pdfs.semanticscholar.org/823d/4e9bd02af1d1b61f5dae44e70425478ef61d.pdf?_ga=2.26708285.1826089919.1607621069-1483881565.1607621069
- Thackston, E. L. and Palermo, M. R. (2000) Improved Methods for Correlating Turbidity and Suspended Solids for Monitoring, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-E8, 12 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8737/1/TN-DOER-E8.pdf>
- Thomsen, F., Borsani, F., De Wit, P., Clarke, D., De Jong, C., Goethals, F., Holtkampe, M., Van Raalte, G., Reine, K., San Martin, E., Spadaro, P.; and Jensen, A. (2013) Technical Guidance

- on: Underwater Sound in Relation to Dredging, World Organization of Dredging Associations, 8 pp.
https://dredging.org/media/ceda/org/documents/Resources/CEDAonline/2013-06-woda-technicalguidance-underwatersound_lr.pdf
- Tubman, M. W., and Corson, W. D. (2000) Acoustic Monitoring of Dredging-Related Suspended-Sediment Plumes, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA, DOER Technical Notes ERDC DOER-E7, 13 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8736/1/TN-DOER-E7.pdf>
- USEPA (2001) Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual. United States Environmental Protection Agency, Report EPA-842-B-92-008, 95 pp. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/collectionmanual.pdf>
- USEPA (2017) 2014 National Ocean Dumping Site Monitoring Assessment Report, 27 pp. https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-04/documents/2014_national_ocean_dumping_site_monitoring_assessment_report.pdf
- USEPA/USACE (1991) Evaluation of Dredged Material Proposed for Ocean Disposal. Testing Manual. US Environmental Protection Agency/US Corps of Engineers.
https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/green_book.pdf
<https://dots.el.erdc.dren.mil/guidance/ocean-disposal-gbook.pdf>
- USEPA/USACE (2004) Regional Implementation Manual for the Evaluation of Dredged Material Proposed for Disposal in New England Waters -
<https://www.nae.usace.army.mil/Portals/74/docs/regulatory/DredgedMaterialProgram/RegionalImplementationManual.pdf>
- Ware, S. and Kenny, A. (2011) Guidelines for the Conduct of Benthic Studies at Marine Aggregate Extraction Sites, 2nd Edition, Marine Aggregate Levy Sustainability Fund (MALSF), Project Code: MEPF 08/P75, 80 pp.
<https://www.yumpu.com/en/document/view/15696156/guidelines-for-the-conduct-of-benthic-studies-at-marine-aggregate>
- Wilber, D. H., Brostoff, W., Clarke, D. G., and Ray, G. L. (2005) Sedimentation: Potential biological effects from dredging operations in estuarine and marine environments, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS., DOER Technical Notes Collection ERDC TNDOER-E20, 14 pp. <https://erdc-library.erdc.dren.mil/jspui/bitstream/11681/8751/1/TN-DOER-E20.pdf>

Annexe I
Informations supplémentaires disponibles pour la surveillance

Informations supplémentaires disponibles pour la surveillance

OSPAR dispose d'un certain nombre de documents d'orientation sur des aspects particuliers de la surveillance, dont tous ne seront pas nécessairement pertinents pour la surveillance des sites d'élimination des déblais de dragage sont présentés ci-dessous :

- CEMP Guidelines for the assessment of dumping and placement of waste or other matter at sea <https://www.ospar.org/documents?d=37513>
- CEMP Guidelines on Litter on the Seafloor <https://www.ospar.org/documents?d=37515>
- CEMP Guidelines for Monitoring and Assessment of loud, low and mid-frequency impulsive sound sources in the OSPAR Maritime Region <https://www.ospar.org/documents?d=37516>
- CEMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Sediments (Agreement 2002-16). Revision 2018 <http://www.ospar.org/documents?d=32743>
- JAMP Guidelines for General Biological Effects Monitoring. Revised technical annexes 2007 (Agreement 2007-07) <https://www.ospar.org/documents?d=32676>
- JAMP Guidelines for Contaminant-Specific Biological Effects (Agreement 2008-09) <https://www.ospar.org/documents?d=32799>
- CEMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Biota (Agreement 1999-02). Revision 2018 <https://www.ospar.org/documents?d=32414>
- CEMP Guidelines for coordinated monitoring for hazardous substances (Agreement 2016-04). Revised in 2018/19 <https://www.ospar.org/convention/agreements?q=2016-04&t=&a=&s=>

HELCOM has a number of detailed guidance documents that cover e.g.:

- measuring various contaminants in sediment, measuring turbidity in the water column and the biological material sampling and sample handling for the analysis of persistent organic pollutants (<https://helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/monitoring-guidelines/>);
- guidelines for monitoring seabed habitats, litter and underwater noise (<https://helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/monitoring-manual/>).