



HAL
open science

Fiches de bonnes pratiques pour l'évaluation et la limitation des impacts sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques lors des opérations de dragage de sédiments continentaux. Version finale

Flore Rebuschung

► **To cite this version:**

Flore Rebuschung. Fiches de bonnes pratiques pour l'évaluation et la limitation des impacts sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques lors des opérations de dragage de sédiments continentaux. Version finale. INERIS. 2012, 24p. hal-03977067

HAL Id: hal-03977067

<https://hal.science/hal-03977067>

Submitted on 7 Feb 2023

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

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

Public Domain

Partenariat 2012 – *Domaine Prédicativité des impacts* – Action n°4



Fiches de bonnes pratiques pour l'évaluation et la limitation des impacts sur la qualité physico- chimique des milieux aquatiques lors des opérations de dragage de sédiments continentaux

Version finale

Flore REBISCHUNG - INERIS

Décembre 2012

Contexte de programmation et de réalisation

Le souci de la préservation des milieux aquatiques continentaux et le renforcement de la réglementation vis-à-vis de la gestion des sédiments de dragage orientent de plus en plus les acteurs vers une gestion à terre des sédiments de dragage. Ces sédiments doivent alors être traités puis valorisés en divers scénarios d'utilisation. Dans ce cadre, il est impératif de s'assurer de l'innocuité des travaux de dragage, puis de la gestion à terre des sédiments extraits, vis-à-vis des milieux aquatiques.

Le développement de modes de gestion fiabilisés permettra d'assurer une gestion optimale des sédiments pollués des cours d'eau à l'intérieur d'un processus de valorisation construit et durable

Le présent rapport, conçu sous la forme de fiches, fait la synthèse des bonnes pratiques en matière d'évaluation et de limitation des impacts sur la qualité physico-chimique des milieux lors des opérations de dragage de sédiments.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la convention INERIS-ONEMA 2012 d'une part, et du projet Interreg GEDSET (« Gestion durable des Sédiments Transfrontaliers ») d'autre part.

L'auteur

Flore REBISCHUNG

Ingénieur de l'unité Comportement des contaminants dans les sols et les matériaux

flore.rebischung@ineris.fr

Parc Technologique Alata – BP 2

60550 Verneuil-en-Halatte

Les correspondants

Onema : Olivier PERCEVAL, DAST, olivier.perceval@onema.fr

Référence du document : INERIS DRC-12-92636-10025A

Approbation INERIS	Approbation ONEMA
Mme Martine RAMEL Direction des Risques Chroniques 23/05/2013	M. Olivier PERCEVAL Direction de l'Action Scientifique et Technique 12/03/2014

Droits d'usage :	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>France entière</i>
Niveau géographique :	<i>National</i>
Niveau de lecture :	<i>Scolaires, citoyens, professionnels, experts</i>
Nature de la ressource :	<i>Rapport</i>

PRÉAMBULE

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

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

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

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

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

**Fiches de bonnes pratiques pour l'évaluation et la limitation des impacts
sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques
lors des opérations de dragage de sédiments continentaux**

*Version finale
Flore REBISCHUNG*

SOMMAIRE

Résumé.....	5
Glossaire	6
Introduction.....	7
Fiche n°1 Comprendre les processus d'impact potentiel	9
Fiche n°2 Identifier le contexte réglementaire.....	11
Fiche n°3 Déterminer les paramètres à suivre	13
Fiche n°4 Caractériser l'état initial du milieu.....	15
Fiche n°5 Mettre en place un suivi approprié	16
Fiche n°6 Interpréter les résultats et évaluer l'impact.....	17
Fiche n°7 Limiter les impacts	19
Conclusion	20
Références	21
Textes réglementaires	21
Rapports, articles et présentations scientifiques	22

**Fiches de bonnes pratiques pour l'évaluation et la limitation des impacts
sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques
lors des opérations de dragage de sédiments continentaux**
Flore REBISCHUNG

Résumé

Résumé

Les présentes fiches de bonnes pratiques s'inscrivent dans un contexte où la préoccupation relative à la qualité de la ressource en eau est grandissante (via la Directive Cadre sur l'Eau, notamment). Identifiées comme susceptibles d'impacter la qualité du milieu aquatique, via notamment la remise en suspension de sédiments, les opérations de dragage et leurs impacts potentiels constituent le sujet de ce rapport.

S'appuyant sur les travaux de l'INERIS menés dans le cadre des conventions INERIS-ONEMA au cours des années passées, ces fiches de bonnes pratiques visent à présenter de façon synthétique les principaux enjeux d'évaluation, de suivi, et de limitation des impacts que les opérations de dragage peuvent avoir sur la qualité physico-chimique des eaux continentales de surface . Elles se déclinent en 7 points :

- comprendre les processus d'impact potentiel,
- identifier le contexte réglementaire,
- déterminer les paramètres à suivre,
- caractériser l'état initial du milieu,
- mettre en place un suivi approprié,
- interpréter les résultats et évaluer l'impact,
- limiter les impacts.

Mots clés

Impact, dragage, sédiments, continental, polluants, contaminants, remise en suspension, réglementation, milieu aquatique, qualité physico-chimique.

**Fiches de bonnes pratiques pour l'évaluation et la limitation des impacts
sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques
lors des opérations de dragage de sédiments continentaux**
Flore REBISCHUNG

GLOSSAIRE

CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CETMEF	Centre d'études techniques maritimes et fluviales, aujourd'hui regroupé dans la Direction technique Eau, mer et fleuve du CEREMA
DBO5	Demande biologique en oxygène sur 5 jours
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCO	Demande chimique en oxygène
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
MES	Matière en suspension
NQE	Norme de qualité environnementale
ONEMA	Office national de l'eau et des milieux aquatiques
PK	Point kilométrique
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
VNF	Voies navigables de France

**Fiches de bonnes pratiques pour l'évaluation et la limitation des impacts
sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques
lors des opérations de dragage de sédiments continentaux**
Florence REBISCHUNG

INTRODUCTION

Contexte

L'accumulation des sédiments dans les ports, les chenaux d'accès, les canaux, les rivières et les fleuves entrave la circulation des bateaux. De plus, lorsqu'ils sont pollués, ces sédiments impactent la qualité physico-chimique des milieux aquatiques. Des opérations de dragage peuvent alors être réalisées, pour rétablir le bon usage des cours d'eau, ou améliorer la qualité des milieux aquatiques.

Si la gestion des sédiments dragués focalise les préoccupations, l'impact des travaux de dragage eux-mêmes sur les milieux aquatiques semble moins finement pris en compte dans les pratiques actuelles : les contrôles et suivis des impacts potentiels des opérations de dragage sur les milieux sont rares, et limités généralement à la mesure de paramètres globaux (MES, DCO, DBO5, ...), sans prendre en considération les flux de polluants remobilisés. Pourtant, lors de ces travaux, les sédiments sont placés en contact direct avec l'eau et sont parfois remis complètement en suspension dans le cas des dragages hydrauliques ; pour les polluants, un passage de l'état adsorbé sur le matériel particulaire à l'état dissous dans la phase aqueuse peut alors être observé [13].

Le Grenelle de l'Environnement et la loi associée ont souligné la nécessité d'une amélioration de la gestion des sédiments. Il est en effet nécessaire de limiter les impacts des travaux de dragage et de la gestion à terre des sédiments extraits sur la qualité des milieux récepteurs. Le développement de modes de gestion fiabilisés permettra d'assurer une gestion optimale des sédiments pollués des cours d'eau dans le cadre d'un processus de valorisation construit et durable.

Objectifs

Le présent rapport s'attache ainsi à présenter les processus d'impact potentiel sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques susceptibles d'être observés lors des opérations de dragage de sédiments en milieu continental, et à identifier les moyens adaptés pour évaluer et limiter ces impacts. Il a pour objectif d'aider le lecteur à comprendre les enjeux d'impacts, et dresse des recommandations sur la base des études déjà réalisées, ceci en vue de :

- diffuser l'expérience acquise,
- produire un cadre commun, utilisable par les différents acteurs impliqués, et permettant ainsi d'augmenter le volume de données disponibles produites selon un même référentiel de suivi ; ces nouvelles données pourront ainsi à terme alimenter les suites des réflexions déjà engagées.

En effet, le constat dressé par Goossens et Zwolsman en 1996 [10] selon lequel il manque des données de terrain sur lesquelles appuyer les études théoriques relatives au comportement des substances au cours d'une opération de dragage est toujours d'actualité : seules cinq études sur ce sujet ont été recensées au niveau européen depuis, dont 3 sur site, et 2 en laboratoire [13]. Les résultats de ces études mettent en évidence des comportements de polluants parfois divergents, et les hypothèses formulées pour expliquer ces différences n'ont pas encore été vérifiées, faute de données disponibles.

Domaine d'utilisation des fiches

Ces fiches de bonnes pratiques s'appliquent aux étapes d'extraction des sédiments du fond des cours d'eau, et de gestion immédiate au niveau de la voie d'eau (évacuation hors zone, remise dans la voie d'eau, opération de séparation / déshydratation, ...) ; les opérations de gestion et de valorisation ultérieure à terre sont exclues du champ de ce rapport, tout comme les opérations de dragage à sec.

De plus, le suivi des impacts est limité à la qualité physico-chimique des milieux aquatiques (comprenant une analyse de certains micro-polluants) ; bien que découlant souvent de ceux-ci, les impacts sur les habitats, les organismes, ... ne sont pas considérés ici.

Enfin, si les présentes fiches de bonnes pratiques ont été conçues dans l'optique d'une utilisation dans le cadre du suivi environnemental d'un projet défini, elles peuvent également servir dans les phases amont du projet, par exemple au moment de la planification, afin de mieux cerner le niveau de pollution des sédiments à extraire, ou encore dans la phase de conception pour orienter le choix de la méthode de dragage à mettre en œuvre.

CONTEXTE ET ENJEUX

Les activités de dragage entraînent une modification du milieu aquatique, via notamment :

- la remise en suspension de sédiments parfois contaminés,
- le changement des conditions physico-chimiques du milieu, et en particulier à l'interface eau-sédiments.

Ces modifications peuvent être à l'origine d'impacts sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques, et la compréhension fine des mécanismes en jeu permet de mieux appréhender et limiter ces impacts.

⇒ LES QUESTIONS PRINCIPALES

Quels sont les mécanismes à l'origine de la remobilisation des polluants ?
Quels sont les impacts prévisibles d'une opération de dragage ?

L'ESSENTIEL

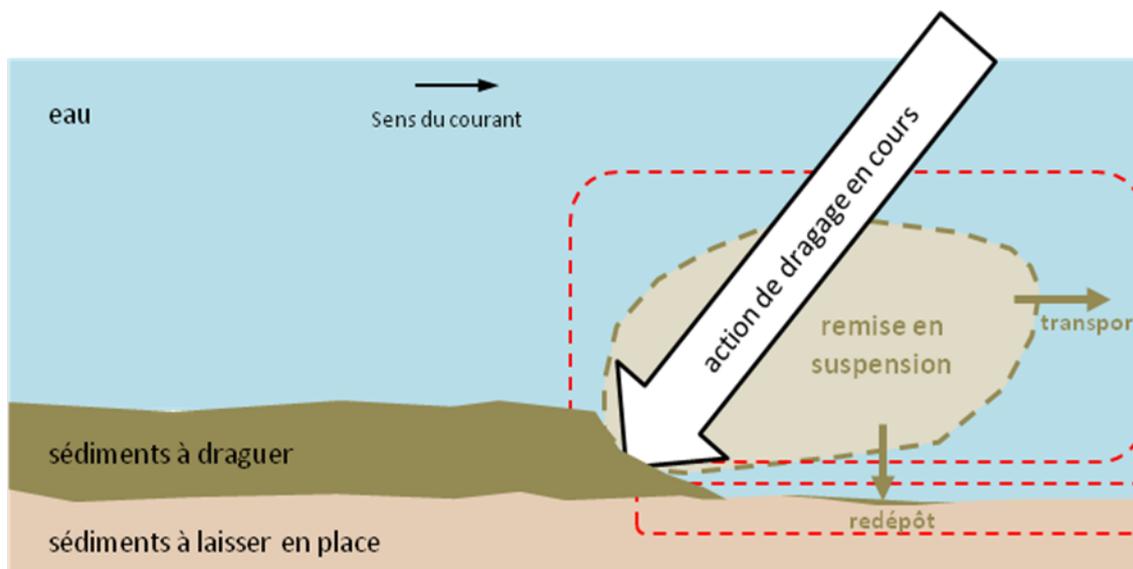
Lors de la formation d'une couche de sédiments, de nombreux processus physiques, chimiques et biologiques interviennent, parmi lesquels une série de réactions d'oxydo-réduction, où le rôle joué par la matière organique est prépondérant.

Ces réactions aboutissent à la formation d'un système à l'équilibre entre :

- les sédiments et leur eau interstitielle, qui constituent un milieu plutôt réducteur, où le degré d'oxygénation est relativement faible,
- et la colonne d'eau.

La mise en œuvre d'une opération de dragage induit :

- la remise en suspension d'une partie des sédiments,
- la rupture de cet équilibre, via le changement des conditions du milieu (voir Figure 1).



zone affectée par le changement de conditions du milieu

Figure 1 : mécanismes en jeu lors de la remobilisation des polluants au cours d'un dragage

Le compartiment sédimentaire est considéré comme le réceptacle ultime d'une vaste gamme de polluants « historiques » et « émergents » ([14] et [23]). La forme sous laquelle est présent un polluant dépend des conditions physico-chimiques du milieu ; les modifications engendrées par l'opération de dragage auront ainsi une incidence sur cette forme (dissoute dans l'eau ou complexée à de la matière organique, précipitée ou adsorbée sur de la matière particulaire, ...). L'enjeu lié à cette forme en présence réside dans sa disponibilité pour les organismes et dans sa toxicité, variables pour un même élément selon la forme en présence.

Par ailleurs, la remise en suspension des sédiments peut engendrer d'autres impacts sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques, en-dehors de toute contamination éventuelle de la matrice sédimentaire par des polluants :

- augmentation de la turbidité,
- augmentation de la concentration en matières en suspension (MES),
- augmentation de la demande chimique en oxygène (DCO),
- diminution de la teneur en oxygène dissous,
- ...

L'ampleur des impacts générés par l'opération de dragage sera influencée par différents facteurs, tels que :

- le type et la qualité des sédiments dragués (cohésion, teneur en matière organique, granulométrie ...),
- la méthode de dragage mise en œuvre (mécanique, hydraulique, ...),
- les conditions hydrodynamiques du cours d'eau,
- les paramètres physico-chimiques de l'eau et des sédiments dragués (pH, conditions d'oxydoréduction, ...).

EN SAVOIR PLUS

De nombreux articles et rapports traitent de la forme sous laquelle peuvent être présents les polluants dans les sédiments, et des modifications engendrées par les interventions humaines. Si ces études s'intéressent généralement à des actions plus larges que le dragage (séchage, réutilisation, ...), elles peuvent néanmoins fournir des informations intéressantes sur le comportement des polluants en cas de perturbation du milieu sédimentaire.

Parmi les publications les plus complètes, et les plus ciblées sur les opérations de dragage, on notera l'article de Goossens et Zwolsman paru en 1996 dans le journal *Terra et Aqua* [10].

CONTEXTE ET ENJEUX

Les activités de dragage et la gestion immédiate des sédiments sont encadrées par la réglementation française, à laquelle des modifications ont été apportées ces dernières années. Cette fiche se propose de faire le point sur les prescriptions réglementaires actuelles en lien avec la problématique de la mesure et de l'évaluation de l'impact des activités de dragage sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques.

⇒ LES QUESTIONS PRINCIPALES

Quelles sont les textes réglementaires de référence en matière de suivi des impacts sur la qualité physico-chimique des milieux ?
Dans quelles situations s'appliquent-ils ?

L'ESSENTIEL

Les opérations de dragage relèvent de la réglementation relative à la protection de l'eau et des milieux aquatiques. Ces opérations doivent faire l'objet d'un dossier d'autorisation ou de déclaration selon l'ampleur du projet (prévus respectivement aux articles R214-6 et R214-32 du Code de l'Environnement), et dans le cas des travaux d'entretien ou d'assainissement, doivent être prévus dans le cadre du plan de gestion pluriannuel de l'unité hydrographique cohérente. Ces dossiers contiennent, entre autres pièces, un document établissant les incidences de l'opération, parmi lesquelles les incidences sur la qualité des eaux. Ce document peut prendre la forme, le cas échéant, d'une étude d'impact.

Si les incidences des opérations de dragage doivent être anticipées dès la constitution du dossier de demande d'autorisation ou de déclaration, le suivi des impacts réels au cours de la réalisation du projet fait également l'objet d'obligations réglementaires.

Le tableau ci-après indique les principales prescriptions réglementaires applicables aux différentes activités en lien avec les opérations de dragage couvertes par le champ de ce rapport, en référence à l'application de la partie relative à l'eau et aux milieux aquatiques et marins du Code de l'Environnement (nomenclature « Loi sur l'eau »),

Attention, les textes cités ici sont les textes d'application générale ; d'autres textes, tels que les arrêtés préfectoraux d'autorisation peuvent s'appliquer au cas par cas selon les activités, et élargir le champ des prescriptions de suivi (voir encadré « Prescriptions spécifiques : Cas de l'arrêté préfectoral relatif au Canal de Calais »). Par ailleurs, chaque opération de dragage est susceptible de relever d'autres rubriques de la nomenclature (3.1.1.0, 3.1.3.0, 3.1.4.0, 3.1.5.0, 3.2.2.0, 3.3.1.0, ...) selon ses caractéristiques propres ; d'autres prescriptions en lien avec ces rubriques sont donc également susceptibles de s'appliquer.



PRESRIPTIONS SPECIFIQUES : CAS DE L'ARRETE PREFECTORAL RELATIF AU CANAL DE CALAIS

L'arrêté préfectoral d'autorisation préalable aux travaux de curage et d'approfondissement du Canal de Calais du PK 8.140 au PK 17.150 du 26 mai 2008 prévoit le contrôle des eaux avant rejet, puis des eaux de rejet, pour les métaux et les hydrocarbures totaux : il impose le respect des niveaux de rejet de déclaration pour la rubrique 2.2.3.0, et des critères d'objectifs de qualité de niveau 2 du milieu récepteur (bon état écologique).

	Dragage d'investissement	Dragage d'entretien ou d'assainissement	Rejet dans la voie d'eau
Rubrique de la nomenclature Loi sur l'Eau (art. R214-1 du C.E.)	3.1.2.0 – Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau [...]	3.2.1.0 – Entretien de cours d'eau ou de canaux [...]	2.2.3.0 – Rejet dans les eaux de surface [...]
Régime (A) : autorisation (D) : déclaration	- sur une longueur ≥ 100 m (A) - sur une longueur < 100 m (D)	Volume de sédiments extraits au cours d'une année : - > 2000 m ³ (A) - ≤ 2000 m ³ , dont la teneur des sédiments extraits est \geq au niveau de référence S1* (A) - ≤ 2000 m ³ , dont la teneur des sédiments extraits est $<$ au niveau de référence S1 (D)	Le flux total de pollution brute étant : - \geq au niveau de référence R2* pour l'un au moins des paramètres qui y figurent (A) - compris entre les niveaux de référence R1 et R2 pour l'un au moins des paramètres qui y figurent (D)
Arrêté type	Arrêté du 28/11/2007	Arrêté du 30/05/2008	Arrêté du 27/07/2006
Prescriptions de l'arrêté type	Pas de prescriptions spécifiques concernant le suivi des impacts sur la qualité physico-chimique du milieu aquatique	Prescriptions relatives à l'état des lieux (eau et sédiment) initial et au suivi en cours d'opération détaillées ci-dessous	Pas de prescriptions spécifiques, mais prévoit expressément que le préfet puisse imposer des valeurs limites pour les rejets et imposer la mise en place d'un programme d'autosurveillance

Détail des prescriptions de l'arrêté du 30 mai 2008 :

Pour l'état des lieux, les paramètres suivants doivent être mesurés :

- eau : pH, conductivité, température, oxygène dissous, saturation en oxygène, matières en suspension, azote total par la méthode Kjeldahl, azote ammoniacal, nitrites, nitrates, orthophosphates, phosphore total ;
- fraction fine des sédiments :
 - o phase solide : composition granulométrique, azote kjeldahl, phosphore total, carbone organique, perte au feu (matières organiques), métaux, HAP, PCB totaux,
 - o phase interstitielle : pH, conductivité, azote ammoniacal, azote total.

Pour le suivi au cours des opérations (mesures en continu, à l'aval hydraulique immédiat du curage) : température et oxygène dissous (avec un seuil à respecter pour ce dernier paramètre, entraînant le cas échéant un arrêt temporaire des travaux).

Par ailleurs, l'arrêté indique qu'un an après la fin des travaux (ou à mi-parcours dans le cas d'une autorisation pluriannuelle de plus de cinq ans), un rapport doit être remis à la police de l'eau, évaluant les éventuels écarts avec les impacts mentionnés dans l'étude d'incidence initiale. Cette évaluation peut nécessiter des prélèvements et analyses de même nature que ceux entrepris lors de l'étude préalable.

* : Ces seuils sont définis dans l'arrêté du 9 août 2006, et concernent un nombre restreint de paramètres (voir également sur ce point la fiche n°3).

A noter que d'autres recommandations de seuils de gestion peuvent être établies localement, par exemple dans le cadre des SDAGE, comme pour les PCB dans le cas du Rhône [22].

CONTEXTE ET ENJEUX

Afin d'assurer un suivi pertinent, et adapté aux conditions spécifiques de chaque opération de dragage, il convient d'évaluer au cas par cas la pertinence du suivi de paramètres indicateurs de la qualité physico-chimique des milieux aquatiques.

⇒ **LES QUESTIONS PRINCIPALES**

Quels sont les paramètres à suivre lors d'une opération de dragage ?
Comment évaluer leur pertinence pour chaque opération ?

L'ESSENTIEL

En dehors des paramètres physico-chimiques et de certains polluants habituellement mesurés, dont le suivi est généralement exigé par l'arrêté préfectoral encadrant l'opération de dragage, ou, le cas échéant, l'arrêté type correspondant aux opérations mises en œuvre (voir sur ce point la fiche n°2), il peut s'avérer pertinent de réaliser des mesures relatives à d'autres paramètres, spécifiques à chaque projet de dragage.

En effet, selon les pollutions éventuelles des sédiments et du cours d'eau, liées à l'historique aux pressions s'exerçant sur le bassin versant du cours d'eau, selon son régime hydraulique et les recommandations réalisées dans le SDAGE correspondant, il peut être intéressant, voire nécessaire de réaliser un suivi sur d'autres paramètres, permettant notamment de suivre une potentielle dégradation de l'état de la masse d'eau (au sens de la directive 2000/60/CE, dite Directive Cadre sur l'Eau, ou DCE).

Afin de cibler les paramètres les plus pertinents à suivre pour chaque opération de dragage, il est essentiel de réaliser une sélection parmi de nombreuses substances, afin d'identifier les plus opportunes vis-à-vis des spécificités du site, et le suivi à mettre en place pour chacune d'entre elles. Cette sélection est généralement menée en deux étapes :

1/ la définition d'un univers de substances, lesquelles pourront être sélectionnées en particulier parmi les substances réglementées (DCE et arrêté du 25 janvier 2010, arrêté du 2 février 1998 et arrêtés spécifiques sectoriels, ...), ainsi que parmi les substances dites « d'intérêt émergent ». Ces dernières suscitent un intérêt croissant du fait de leurs effets potentiels sur les écosystèmes et la santé humaine, notamment en cas de captage des eaux potables ou de consommation de produits de la pêche contaminés. De nombreux travaux sont actuellement menés sur ces substances, parmi lesquels une étude prospective de recherche de micropolluants dans les milieux aquatiques menée au niveau national, dont un des objectifs est de cibler les substances pertinentes à surveiller par bassin (<http://www.ineris.fr/substances/fr/page/28>), ou encore les travaux du réseau NORMAN (<http://www.norman-network.net/>) ;

2/ la priorisation des substances au sein de cet univers ; cette hiérarchisation pourra se baser sur les critères suivants :

- potentiel de présence dans les sédiments, établi, dans un premier temps, par :
 - o une étude bibliographique sur l'historique des rejets dans le cours d'eau (rejets industriels, et des stations d'épuration), et des dépôts atmosphériques directs et indirects,
 - o l'étude de l'affinité de la substance pour la matière solide,
 - o une modélisation du transfert des polluants vers les milieux aquatiques récepteurs (incluant une modélisation des dépôts atmosphériques), et éventuellement vérifié via une campagne de caractérisation initiale des sédiments ;
- dangerosité envers les organismes de la colonne d'eau et le benthos, caractérisée par les normes de qualité environnementale – valeurs guides environnementales, ou PNEC lorsqu'elles sont définies ;
- attention portée par la communauté scientifique ;
- capacités et coûts d'analyse par des laboratoires, ...

UN CAS CONCRET D'APPLICATION

Dans le cadre de sa campagne de suivi de l'impact des opérations de dragage du canal de Lens [15], l'INERIS a réalisé une hiérarchisation des substances d'intérêt émergent, afin de cibler les paramètres *a priori* les plus pertinents compte-tenu du contexte local et des données scientifiques disponibles relatives au comportement de ces substances.

Les substances sélectionnées par cette hiérarchisation étaient : 8 congénères de la famille des PBDE, le DEHP, et 8 substances de la famille des alkylphénols.

Cette hiérarchisation s'est accompagnée d'un travail prospectif sur le comportement attendu de ces substances lors du curage.

CONTEXTE ET ENJEUX

La définition d'une situation de référence, correspondant à l'état initial du milieu avant opération de curage, est une étape primordiale pour l'évaluation des impacts de cette opération. Cette situation de référence constituera en effet un référentiel d'interprétation spécifique au site ; il est ainsi nécessaire de réaliser cette étape de caractérisation initiale avec soin.

⇒ LES QUESTIONS PRINCIPALES

Comment établir un état initial du milieu ?

L'ESSENTIEL

Une fois déterminés les paramètres qui seront suivis au cours de l'opération de dragage (voir fiches n°2 et 3), une caractérisation de l'état initial est nécessaire, afin de fournir une situation de référence à laquelle comparer les concentrations en polluants mesurées pendant et après le curage, ainsi que les paramètres physico-chimiques classiques représentatifs de la qualité des eaux, et évaluer ainsi l'impact des opérations.

Cette caractérisation devra s'attacher à analyser tous les compartiments environnementaux :

- pour les sédiments : dans la matière solide et dans l'eau interstitielle
- pour la colonne d'eau : concentration totale et concentration dissoute (la différence entre les deux permettant d'évaluer la part présente sur les MES dans l'eau).

Il est important de tenir compte des éventuelles variations affectant le cours d'eau, afin d'avoir une caractérisation initiale la plus complète possible. En effet :

- les variations saisonnières (débit du cours d'eau, température, ...)
- les variations météorologiques à plus courte échelle (épisodes pluvieux, ...)
- les variations des activités industrielles et des stations d'épuration, et de la nature, et des concentrations dans leurs rejets, ...

peuvent entraîner des différences significatives sur les concentrations mesurées dans le cours d'eau, en dehors de toute opération de dragage.

Afin d'évaluer au mieux l'impact réellement attribuable au curage, il est ainsi nécessaire de connaître la variabilité temporelle et spatiale de chacun des paramètres suivis, sur une période représentative de la durée de l'opération de dragage.

Les données existantes disponibles auprès du réseau national de bassin et des réseaux locaux (agences de l'eau, DREAL, ARS) peuvent également alimenter cet état des lieux initial.

Dans son annexe 2, le Guide Dragage de VNF [25] donne également des éléments sur les stratégies de prélèvement de sédiments à mettre en œuvre suite au diagnostic initial : prélèvement au jugement, aléatoire, ou selon un maillage prédéfini, en fonction des présomptions de pollution. Selon les différents paramètres à analyser, plusieurs échantillons pourront être réalisés, avec parfois des plans d'échantillonnage différents. Les recommandations présentées dans l'annexe 1 du guide CETMEF 2011 [2] complètent utilement ces éléments.

Enfin, cette caractérisation de l'état initial pourra s'accompagner d'un suivi en dehors de la zone d'influence du chantier de dragage pendant sa réalisation (par exemple en amont), en parallèle du suivi en aval (voir également sur ce point la fiche n°5). Ces données supplémentaires permettront ainsi de compléter avantageusement le référentiel d'interprétation.

CONTEXTE ET ENJEUX

Une bonne évaluation de l'impact des opérations de dragage ne sera possible qu'à la condition d'avoir des données suffisantes sur le suivi des paramètres retenus tout au long du curage. Il est donc nécessaire d'apporter un soin particulier à l'échantillonnage et aux analyses pour le suivi des opérations.

⇒ LES QUESTIONS PRINCIPALES

Quel suivi mettre en place ? A quelle fréquence ? A quelle profondeur d'eau ?

L'ESSENTIEL

Si l'arrêté du 30 mai 2008 impose un suivi en continu de la température et de l'oxygène dissous à l'aval immédiat, il ne précise pas la profondeur à laquelle effectuer ce suivi, ni la fréquence à laquelle suivre les autres paramètres.

Le guide CETMEF 2011 [2] conseille un suivi journalier de la qualité des eaux des cours d'eau pendant toute la durée des travaux de dragage, effectué sur deux stations de prélèvement, à 500 m en amont du chantier et à 500 m en aval, se décalant au rythme du chantier, avec des mesures localisées à deux profondeurs, situées à 50 et 90 % de la hauteur du mouillage comptée à partir de la surface. Ces recommandations concordent avec les éléments présentés dans la fiche n°1 (voir Figure 1) au sujet des principales zones d'impact dans la colonne d'eau.

Le guide d'Environnement Canada [6] recommande quant à lui :

- le prélèvement de 10 échantillons au cours de l'opération pour le suivi des MES ;
- la réalisation de 30 mesures de turbidité à intervalles réguliers au cours de l'opération, à 50 m en aval du chantier d'une part, et dans un point non influencé par les travaux d'autre part, en surface, et à 1 mètre du fond.

Un suivi à différentes distances en aval de l'opération peut cependant être également recommandé, afin d'obtenir des informations sur l'empreinte spatiale de l'impact. Les données disponibles issues de quelques études réalisées sur le terrain [13] mentionnent en effet une empreinte spatiale de plusieurs centaines de mètres (voire quelques kilomètres), avec un degré d'impact différent selon la distance au site de curage.

Concernant le point de référence en amont du chantier, son emplacement pourra être choisi en fonction des différents points de rejets d'eau identifiés. L'idéal sera en effet de le placer en aval de ces points, afin d'assurer un suivi des perturbations éventuellement apportées par ces rejets.

Enfin, concernant la fréquence et la durée du suivi, le nombre d'échantillons pourra être assujéti aux contraintes de coût (en particulier pour les analyses de polluants émergents). Sur la base des premiers résultats d'analyses, et selon l'évaluation de l'impact établie sur ces données (voir sur ce point la fiche n°6), la fréquence et la durée d'échantillonnage pourront également être revues à la hausse ou à la baisse.

En ce qui concerne les rejets, le guide CETMEF 2011 [2] incite à réaliser un suivi des eaux directement au niveau du bassin de décantation, pendant les travaux, mais également après, en élargissant la fréquence pour assurer un suivi de la qualité des eaux rejetées et un retour aux conditions initiales du milieu. Dans le cas d'une remise en eau (méthode à privilégier si le bilan sédimentaire du cours d'eau le permet), un suivi pourra également être réalisé en aval du point de rejet, à différentes distances, de façon analogue au suivi des impacts du curage en lui-même.

CONTEXTE ET ENJEUX

Une fois collectées les données relatives à l'état initial et les premières données de suivi, l'interprétation constitue une étape clé dans le suivi du chantier. L'évaluation de l'impact en cours de chantier permettra en effet de mettre en place si nécessaire des mesures adaptées pour en réduire l'ampleur. A l'issue des travaux, cette évaluation permettra également de capitaliser les connaissances obtenues, sous la forme d'une interprétation argumentée, plus complète que la simple transmission des données d'analyses brutes.

⇒ LES QUESTIONS PRINCIPALES

Comment interpréter les résultats d'analyses ? Quels sont les principaux référentiels d'interprétation disponibles ?
Quelle est la portée, et quelles sont les limites de cette interprétation ?

L'ESSENTIEL

L'interprétation des résultats des mesures de suivi en termes d'impact s'inscrit dans plusieurs logiques complémentaires :

- le contrôle de la qualité environnementale du projet ;
- la mise en place de mesure de limitation de l'impact le cas échéant ;
- la vérification de l'efficacité de ces mesures, et leur recadrage éventuel ;
- la capitalisation d'informations en vue de tirer des enseignements sur les méthodes de dragage et de suivi des impacts ;
- la production de données alimentant le débat scientifique.

Les principaux points d'enjeu pour l'interprétation des résultats sont les suivants :

- quelle est la précision des données récoltées (variabilité autour de la mesure, représentativité des échantillons, incertitude des analyses, ...) ? quelles conclusions peut-on tirer de ces données au regard des marges d'erreur ?
- quelle est la part d'impact due au projet ? quelle part est attribuable aux fluctuations ambiantes ou à d'autres pressions ponctuelles ?
- les connaissances scientifiques disponibles permettent-elles d'expliquer les observations réalisées ?

Les recommandations établies dans les fiches précédentes, et en particulier dans les fiches n° 3, 4 et 5 ont pour objectif de limiter autant que possible la part d'incertitude dans l'évaluation de l'impact, via par exemple la mise en place de points de mesure en-dehors de la zone d'influence du curage, et ce pendant la période de chantier.

L'interprétation des données de suivi en matière d'impact pourra être réalisée en deux temps :

- une interprétation « relative », comparant les mesures en cours de chantier aux mesures de l'état initial et aux mesures réalisées sur un point en-dehors de la zone d'incidence du curage ;
- une interprétation « absolue », via la comparaison des mesures réalisées à des normes de qualité environnementale (NQE), à des valeurs guides environnementales, ou des valeurs de référence constituant un indice chiffré de la qualité de l'eau pour chaque paramètre. Concernant les NQE, dont certaines sont mentionnées dans l'arrêté du 25 janvier 2010, et qui sont généralement relatives à la fraction dissoute d'un contaminant (car il s'agit de la fraction la plus disponible), on veillera à y comparer des teneurs en phase dissoute, ou bien à convertir ces valeurs de $NQE_{dissous}$ en NQE_{total} selon la formule suivante : $NQE_{total} = NQE_{dissous} * (1 + K_p * C_{MES} * 10^{-6})$, où

NQE_{total} : norme de qualité environnementale exprimée pour la concentration totale dans l'eau,

$NQE_{dissous}$: norme de qualité environnementale relative à la fraction dissoute du contaminant,

K_p : coefficient de partage solide/eau de la matière en suspension (L/kg),

C_{MES} : concentration en MES (mg/L)

L'interprétation réalisée (relative et absolue) permettra d'orienter d'une part les éventuels choix de limitation des impacts, mais également de réorienter le cas échéant les mesures de suivi de

EN SAVOIR PLUS SUR LES NQE

Les Normes de Qualité Environnementale (NQE) sont définies dans le contexte réglementaire de la Directive Cadre sur l'Eau, ou DCE (2000/60/EC) qui établit une politique communautaire pour la gestion des eaux intérieures de surface, des eaux souterraines, des eaux de transition (eaux estuariennes) et des eaux côtières, afin de prévenir et de réduire leur pollution, de promouvoir leur utilisation durable, de protéger leur environnement, d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et d'atténuer les effets des inondations et des sécheresses.

Afin de prévenir et réduire la pollution des eaux, les concentrations dans le milieu sont comparées à une Norme de Qualité Environnementale, ou NQE, définie comme la « concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement ». La détermination de ces normes suit une méthodologie spécifique qui a été élaborée au niveau européen [8] et synthétisée par l'INERIS dans un document en langue française [16].

De plus amples informations sur les NQE et leurs valeurs pour de nombreuses substances sont disponibles sur le Portail Substances Chimiques de l'INERIS : <http://www.ineris.fr/substances/fr/page/9>.



CONTEXTE ET ENJEUX

En fonction des éléments disponibles en amont du chantier, et obtenus au cours du suivi des opérations de dragage, des mesures pourront être prises pour limiter les impacts lors du dragage, soit pendant la phase de définition du projet, notamment via le choix des techniques de dragage mises en œuvre, soit pendant le dragage en lui-même, par la mise en place de mesures de limitation de l'impact si celui-ci est estimé trop important.

⇒ LES QUESTIONS PRINCIPALES

Comment limiter les impacts du dragage ?
Quels moyens appliquer dans quelle situation ?

L'ESSENTIEL

De nombreuses actions permettent de diminuer les impacts du dragage, via notamment la limitation de la remise en suspension des sédiments. Parmi ces actions, on notera :

- le choix de la technique de dragage : selon la technique retenue et le type de drague utilisée, la remise en suspension des sédiments sera très variable ; le dragage à l'américaine ou le dragage par injection d'eau sont identifiés comme les plus défavorables, et le guide CETMEF 2011 [2] recense certaines dragues engendrant une faible remise en suspension des sédiments, cet avantage se faisant souvent au détriment du rendement ;
- dans le cas de sédiments fortement pollués, proches de milieux sensibles, la mise en place d'écrans de protection ou rideaux anti-dispersion permet de circonscrire le panache de remise en suspension ;
- dans le cas d'une diminution forte de la teneur en oxygène dissous, la mise en place d'un réoxygénateur permet de limiter les impacts sur les organismes aquatiques ;
- enfin, des mesures concernant l'organisation du chantier de dragage peuvent également être prises pour limiter les impacts, telles que la diminution de la cadence d'extraction, ou l'échelonnage du chantier en plusieurs phases.

La pertinence et la faisabilité de chacune de ces actions seront à envisager dans le contexte spécifique de chaque opération.

Au point de rejet, les impacts pourront être limités directement par :

- un arrêt temporaire, ou a minima, une réduction du débit de rejet des eaux ;
- un temps de décantation / floculation / déshydratation prolongé ;
- un traitement supplémentaire adapté en vue de réduire un impact spécifique, en vérifiant l'innocuité de ce traitement par rapport à la qualité physico-chimique du milieu dans lequel seront jetées les eaux.

CONCLUSION

Les présentes fiches de bonnes pratiques visent sept étapes clés dans l'évaluation et la limitation des impacts des opérations de dragage sur la qualité physico-chimique des cours d'eau. Volontairement synthétiques, elles s'appuient sur la littérature existante, qui met cependant en évidence le manque crucial de données de terrain permettant de venir conforter les études théoriques sur le comportement des polluants au cours des opérations de dragage, et l'impact de ces opérations, via notamment le changement de spéciation des polluants.

Elles ont pour objectif de sensibiliser les acteurs à l'importance de l'évaluation et de la limitation de ces impacts, et à l'enjeu de la production de données scientifiques alimentant la réflexion sur cette thématique.

Elles mettent en lumière la complexité d'une telle démarche, et rappellent qu'un bon suivi doit être établi sur mesure, et que la préconisation de méthodes standardisées n'est pas adaptée. En effet, de nombreux paramètres propres à chaque site rendent chaque situation unique, et la démarche à suivre doit nécessairement être adaptée à ce contexte.

Enfin, elles rappellent que de nombreuses compétences et connaissances sont impliquées dans cette démarche ; elles concernent notamment :

- les polluants et leur comportement (affinité pour tel ou tel compartiment environnemental),
- le cours d'eau dragué, et en particulier son régime hydrologique et sa morphologie,
- les moyens de prélèvement et d'analyse,
- les méthodes de dragage, de transport et de gestion des sédiments,
- ...

Ces compétences couvrent de nombreux corps de métier différents ; on voit par là qu'il est nécessaire d'impliquer tous les acteurs de l'opération de dragage dans la pratique du suivi pour que celui-ci soit réalisé de façon optimale.

REFERENCES

TEXTES REGLEMENTAIRES

Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000005625281>

Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 modifiée établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20090625:FR:PDF>

Arrêté du 13 février 2002 fixant les prescriptions générales applicables aux installations, ouvrages, travaux ou activités soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.3.0 (2°) de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000593148&fastPos=21&fastReqId=1889868166&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte>

Arrêté du 27 juillet 2006 fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 2.2.3.0 (1° b et 2° b) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000270578&fastPos=11&fastReqId=625708582&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte>

Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse des rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000423497&fastPos=1&fastReqId=68793802&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte>

Arrêté du 28 novembre 2007 fixant les prescriptions générales applicables aux installations, ouvrages, travaux ou activités soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.2.0 (2°) de la nomenclature annexée au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000017662144&fastPos=29&fastReqId=706783600&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte>

Arrêté du 30 mai 2008 fixant les prescriptions générales applicables aux opérations d'entretien de cours d'eau ou canaux soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000019061664&fastPos=1&fastReqId=2114158979&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte>

Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021865356&fastPos=1&fastReqId=779431936&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte>

RAPPORTS, ARTICLES ET PRESENTATIONS SCIENTIFIQUES

- [1] **Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 2006.** *Le prélèvement d'échantillons en rivière – Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques.* Novembre 2006.
- [2] **CETMEF, 2011.** *Dragages d'entretien des voies navigables - Aide à l'élaboration et au suivi d'un plan de gestion pluriannuel.* Mai 2011.
- [3] **CNRSSP, 2000.** *Etude de l'impact sur un système hydraulique d'une opération de curage - Phase d'investigation sur le site de la Scarpe Moyenne et premiers résultats.* Grosjean A. CNRSSP/00/24. Décembre 2000.
- [4] **CNRSSP, 2001.** *Impact d'une opération de curage sur un système aquatique - Cas de la rivière canalisée Scarpe moyenne : Mobilité du Pb, Zn, Cu, Cd, Hg et des PCB.* Grosjean A., Alary C., Ambrosi. J-P. CNRSSP/01/28. Décembre 2001.
- [5] **Comité technique national sur la gestion des sédiments, 2001.** *Guide méthodologique – Caractérisation des sédiments.* Décembre 2001.
- [6] **Environnement Canada, 1992.** *Guide pour le choix et l'opération des équipements de dragage et des pratiques environnementales qui s'y rattachent.* Septembre 1992.
- [7] **Environnement Québec, 2002.** *Le suivi environnemental – Guide à l'intention de l'initiateur de projet.* Juillet 2002, mise à jour : janvier 2005.
- [8] **European Communities, 2011.** *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (200/60/EC) – Guidance Document No.27 – Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards.* 2011
- [9] **GEODE, 2012.** *Suivis environnementaux des opérations de dragage et d'immersion – Guide méthodologique.* Décembre 2012.
- [10] **Goossens et Zwolsman, 1996.** *An evaluation of the behaviour of pollutants during dredging activities.* Terra et Aqua n°62. Mars 1996
- [11] **In Vivo, 2002.** *Méthodes de gestion et de réutilisation des sédiments pollués. Inventaire détaillé technique et financier des méthodes de curage, de traitement et des usages possibles. Logiciel d'aide à la décision pour la gestion des sédiments.* Agence de l'eau Artois Picardie, Pôle de Compétence Sites et Sols Pollués, 2002. Projet Life. 2002. <http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/gestionsediments.pdf>
- [12] **INERIS, 2009.** *Impacts sur les milieux aquatiques des sédiments de dragage gérés à terre : Problématique, contexte réglementaire, modélisation du transfert de contaminants organiques.* INERIS-DRC-08-95306-16457A. A. Bénard, B. Hazebrouck. 30/06/2009.
- [13] **INERIS, 2010a.** *Etude bibliographique de l'impact environnemental des opérations de dragage des sédiments continentaux sur la qualité physico-chimique des eaux douces superficielles.* DRC-10-112070-11037B. R. Mackosso Mouelle., B. Hazebrouck. Décembre 2010.
- [14] **INERIS, 2010b.** *Qualité chimique des sédiments fluviaux en France. Synthèse des bases de données disponibles.* DRC-10-105335-04971A. J-M. Padox, P. Hennebert. Juin 2010
- [15] **INERIS, 2011a.** *Impacts des opérations de dragage de sédiments continentaux sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques - Participation a une campagne de mesure d'impact sur un dragage mécanique (substances émergentes sur le canal de Lens, 2010).* DRC-11-112070-06683A. R. Mackosso, B. Hazebrouck. Mai 2011.
- [16] **INERIS, 2011b.** *Méthodologie utilisée pour la détermination de normes de qualité environnementale (NQE).* DRC-11-118981-08866A. V. MIGNE-FOUILLEN. Août 2011.
- [17] **INERIS, 2012.** *Evaluation et limitation des impacts sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques lors des opérations de dragage de sédiments continentaux : Synthèse des enjeux* DRC-12-92636-03129B. B. Hazebrouck, L. Mancioffi, R. Mackosso Mouelle, F. Rebuschung. Mars 2012
- [18] **MEEDTL, 2012 – Sédiments de dragage – Rapport Groupe 11 – E. Duclay, H. Syndique, O. David - Rapport Final**
- [19] **GEDSET 2011.** *Impact potentiel d'une opération de curage sur le système aquatique.* C. Alary, S. Lambert, L. Haouche, E. Simon, A. Laboudigue. Juin 2011. <http://www.gis3sp.fr/GIS-3SP/upload/Claire%20alary.pdf>

[20] Pôle de Compétence Sites et Sols Pollués, 2002. *Guide méthodologique - Evaluation Détaillée des Risques liés à la gestion des sédiments et aux opérations de curage.* Agence de l'Eau Artois-Picardie, Pôle de Compétence Sites et Sols Pollués – Janvier 2002

[21] Port de Rouen, 2008 - *La qualité des sédiments de dragage : référentiels et analyses* – Projet d'amélioration des accès maritimes du port de Rouen.

[22] SDAGE Rhône Méditerranée 2010-2015, 2013. *Recommandations relatives aux travaux et opérations impliquant des sédiments aquatiques potentiellement contaminés.* Y Gouisset, A. Denot, L. Cantegrit, E. Bourles. Octobre 2013

[23] SOeS, 2011. *Bilan de présence des micropolluants dans les milieux aquatiques continentaux Période 2007-2009.* A. Dubois, L. Lacouture. Octobre 2011

[24] US Army Corps of Engineers, 2008. *Technical guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments.* Michael R. Palermo, Paul R. Schroeder, Trudy J. Estes, and Norman R. Francingues ; Septembre 2008

[25] VNF, 2008. *Guide dragage.* VNF. Mars 2008.

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Ineris
Parc Technologique Alata
BP 2
60550 Verneuil-en-Halatte
03 44 55 66 77
www.ineris.fr