

Impacts environnementaux de la gestion des sédiments marins  
en milieu terrestre

Rapport final

Rédigé par  
Marie-Pierre Raymond

Travail présenté à

M. Donald St-Laurent,  
Coordonnateur du Programme d'Immersion en mer,  
Environnement Canada,  
Région du Québec



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

En collaboration avec

M. Marc Olivier,  
Chimiste au Centre universitaire de formation en environnement  
De l'Université de Sherbrooke



UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, 20 avril 2008

# TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTE DES ACRONYMES</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTE DES SYMBOLES</b> .....	<b>VI</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1 MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE</b> .....	<b>2</b>
<b>2 CONTEXTE LÉGISLATIF</b> .....	<b>4</b>
2.1 LÉGISLATION CANADIENNE .....	4
2.1.1 <i>Convention de Londres de 1972</i> .....	4
2.1.2 <i>Protocole de 1996</i> .....	5
2.1.3 <i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement</i> .....	5
2.1.4 <i>Loi canadienne sur l'évaluation environnementale</i> .....	6
2.1.5 <i>Loi sur les pêches</i> .....	6
2.2 LÉGISLATION QUÉBÉCOISE .....	7
2.2.1 <i>Loi sur la qualité de l'environnement</i> .....	7
2.2.2 <i>Article 31.1 du Règlement relatif à l'application de la LQE</i> .....	8
2.2.3 <i>Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement</i> .....	8
2.2.4 <i>Critères de qualité des sols, de l'eau souterraine, de l'eau de surface et de l'eau potable</i> .....	9
<b>3 OPTIONS DE GESTION DES DÉBLAIS</b> .....	<b>11</b>
3.1 ÉLIMINATION DES DÉBLAIS .....	12
3.1.1 <i>Élimination en milieu terrestre</i> .....	12
3.1.1.1 <i>Dépôt terrestre</i> .....	12
3.1.1.1.1 <i>Étude de cas au Nouveau-Brunswick</i> .....	13
3.1.1.2 <i>Confinement terrestre</i> .....	14
3.1.2 <i>Élimination en milieu aquatique et en berge</i> .....	15
3.2 VALORISATION DES DÉBLAIS.....	16
3.2.1 <i>Valorisation en milieu terrestre</i> .....	16
3.2.1.1 <i>Restauration d'habitats</i> .....	16
3.2.1.1.1 <i>Restauration de dunes</i> .....	17
3.2.1.2 <i>Matériaux de remblaiement, remplissage et recouvrement</i> .....	19
3.2.1.2.1 <i>Sites d'enfouissement et sites miniers</i> .....	20
3.2.1.2.2 <i>Transport et construction</i> .....	24
3.2.1.3 <i>Agriculture, horticulture et foresterie</i> .....	26
3.2.1.4 <i>Banc d'emprunt</i> .....	28
3.2.2 <i>Valorisation en milieu aquatique et en berge</i> .....	29
3.2.2.1 <i>Stabilisation des berges</i> .....	29
3.2.2.1.1 <i>La création et la restauration de milieux humides</i> .....	30
3.2.2.1.2 <i>Recharge de plage et parc de sédimentation</i> .....	32
<b>4 IMPACTS POTENTIELS SUR L'ENVIRONNEMENT DE LA GESTION DES DÉBLAIS EN MILIEU TERRESTRE ET DE LA VALORISATION EN MILIEU AQUATIQUE</b> .....	<b>34</b>
4.1 IMPACTS POTENTIELS DE LA MANIPULATION, DU TRANSPORT ET DU DÉPÔT DES DÉBLAIS .....	34
4.1.1 <i>Impacts sur le milieu biologique</i> .....	35
4.1.2 <i>Impacts sur le milieu humain</i> .....	36
4.2 IMPACTS POTENTIELS DE LA SALINITÉ DES DÉBLAIS SUR L'ENVIRONNEMENT.....	38
4.2.1 <i>Impacts sur le milieu biologique</i> .....	39
4.2.2 <i>Impacts sur le milieu humain</i> .....	40
4.3 MESURES D'ATTÉNUATION DES IMPACTS DE LA SALINITÉ .....	41
4.3.1 <i>Choix du site</i> .....	41
4.3.2 <i>Mesures d'atténuation techniques</i> .....	43
4.3.2.1 <i>Confinement en digues</i> .....	43
4.3.2.2 <i>Compaction</i> .....	44
4.3.2.3 <i>Confinement des sédiments et collecte du lixiviat</i> .....	44
4.3.2.4 <i>Traitement du lixiviat</i> .....	46

4.3.2.4.1	Osmose inverse.....	47
4.3.2.4.2	Collecte et entreposage.....	47
4.3.2.4.3	Dilution.....	47
<b>5</b>	<b>ANALYSE DES POSSIBILITÉS DE GESTION .....</b>	<b>49</b>
5.1	MÉTHODOLOGIE ET CRITÈRES D'ANALYSE .....	49
5.2	BILAN ANALYTIQUE .....	51
5.3	ANALYSE.....	52
<b>6</b>	<b>RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>56</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>58</b>
	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>60</b>
	<b>ANNEXE 1 – PROCESSUS D'ÉVALUATION D'UNE DEMANDE DE PERMIS. ....</b>	<b>66</b>
	<b>ANNEXE 2 - NOTIONS SUR LA SALINITÉ.....</b>	<b>68</b>
	LA SALINITÉ DE L'EAU DE MER.....	69
	LA SALINITÉ DES SOLS ET DE L'EAU SOUTERRAINE.....	70
	<i>Mouvement de l'eau dans le sol</i> .....	70
	<i>Mouvement du sel dans les sols</i> .....	72
	TYPES DE SOLS .....	72
	<b>ANNEXE 3 –CELLULE DE CONFINEMENT .....</b>	<b>73</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 2.1</b>	Critères de salinité, applicables aux sols et à l'eau souterraine.	p.9
<b>Tableau 2.2</b>	Critères de qualité de l'eau de surface, associés à la présence des chlorures, du sodium et des sulfates.	p.10
<b>Tableau 3.1</b>	Volumes de déblais salés de dragage déposés sur la terre, côte Est du Nouveau-Brunswick.	p.12
<b>Tableau 3.2</b>	Résultats analytiques des échantillons de sols à Loggie Pit.	p.14
<b>Tableau 3.3</b>	Évolution des déblais de dragage des trois sites confondus.	p.14
<b>Tableau 4.1</b>	Distances du site de dragage reliées à quelques variantes évaluées par Mines Seleine.	p.35
<b>Tableau 4.2.</b>	Exemple de limites d'utilisation de l'eau : concentration des chlorures.	p.39
<b>Tableau 4.3</b>	Distances minimales de retrait d'un site de dépôt de sédiments marins.	p.41
<b>Tableau 5.1</b>	Pointage attribué à chaque évaluation	p.49
<b>Tableau A2.1</b>	Concentration des éléments dans l'eau de mer.	p.68
<b>Tableau A2.2</b>	Concentration des ions de l'eau de rivière et l'eau de mer.	p.69
<b>Tableau A2.3</b>	Taux d'infiltration en fonction de différents types de sols.	p.70
<b>Tableau A2.4</b>	Conductibilité hydraulique en fonction de différents types de sols.	p.70

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 3.1</b>	Schéma simplifié des options de gestion des sédiments de dragage.	p.11
<b>Figure 3.2</b>	Schématisation d'une coupe transversale du site de dépôt de déblais.	p.13
<b>Figure 3.3</b>	Vue aérienne du site de dépôt de déblais.	p.13
<b>Figure 3.4</b>	Aménagement dunaire aux Îles-de-la-Madeleine.	p.17
<b>Figure 3.5</b>	Illustrations de la mine de charbon avant les travaux et une fois remblayée.	p.21
<b>Figure 3.6</b>	Technologies utilisées en Allemagne pour séparer les sédiments en fractions utilisables sur le marché de la construction.	p.24
<b>Figure 3.7</b>	Photos prises lors du projet expérimental de dépôt des sédiments marins sur des terres, au Maryland.	p.26
<b>Figure 3.8</b>	Carte du site portuaire de Cacouna telle que schématisée par Transport Canada parallèlement à la carte des ornithologues amateurs.	p.30
<b>Figure 3.9</b>	Plage de la Martinique aux abords de la route 199.	p.31
<b>Figure 3.10</b>	Recharge de plage à San Diego, aux Etats-Unis.	p.32
<b>Figure 4.1</b>	Vue en plan de deux cellules de confinement ainsi qu'un bassin de récupération des eaux de lixiviat.	p.44
<b>Figure 4.2</b>	Coupe transversale d'une des deux cellules de confinement et d'un bassin de récupération des eaux de lixiviat.	p.44
<b>Figure 4.3</b>	Photographie aérienne du terrain d'assèchement qui reçoit les déblais du port d'Hamburg.	p.44
<b>Figure 4.4</b>	Principes d'opération du terrain d'assèchement qui reçoit les déblais du port d'Hamburg.	p.45
<b>Figure A2.1</b>	Constituants majeurs et mineurs de l'eau de mer.	p.68

## LISTE DES ACRONYMES

BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
CA	Certificat d'autorisation
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CDF	<i>Confined disposal facility</i> . Cellule de confinement
COV	Composés organiques volatils
CSL	Centre Saint-Laurent
DDP	Détérioration, destruction et perturbation
EC	Environnement Canada
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
IMO	<i>International maritime organization</i> : Organisation maritime internationale
LCÉE	Loi canadienne sur l'évaluation environnementale
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LES	Lieu d'enfouissement sanitaire
LET	Lieu d'enfouissement technique
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MRF	Matières résiduelles fertilisantes
MRNF	Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune
MTQ	Ministère des Transports du Québec
PAEF	Plan agroenvironnemental de fertilisation
PMSMM	Pleine mer supérieure, marée moyenne
POC	Pêches et Océans Canada
PPSRTC	Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés
RÉEIE	Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement
TPSGC	Travaux publics et Services gouvernementaux du Canada

## LISTE DES SYMBOLES

Cl	élément chlore
Cl <sup>-</sup>	ion chlorure
cm	centimètre
CO	monoxyde de carbone
CO <sub>2eq</sub>	dioxyde de carbone équivalent
€	euro
ha	hectare
kg	kilogramme
km	kilomètre
kPa	kilopascal
L	litre
m	mètre
m <sup>3</sup>	mètre cube
mg	milligramme
mm	millimètre
ms	millisiemens
Na <sup>+</sup>	ion sodium
NO <sub>x</sub>	oxydes d'azote
pH	potentiel hydrogène
%	pourcentage
S	siemens
SO <sub>x</sub>	oxydes de soufre
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ion sulfate
sec	seconde
\$	dollar canadien
µm	micromètre

## INTRODUCTION

Le transport maritime est important au Québec, particulièrement le long du golfe Saint-Laurent, et ce dernier requiert du dragage ainsi que le dépôt des sédiments produits. Ces activités génèrent toutefois des impacts non négligeables sur le milieu récepteur. Depuis plusieurs années, maintes recherches ont été faites dans le but d'atténuer les impacts du dragage sur les fonds marins et l'habitat du poisson. À l'heure actuelle, ces mesures sont mises en application et portent fruit dans le golfe. Quant à la mise en dépôt, c'est l'immersion en mer qui a longtemps été privilégiée, et c'est encore le cas aujourd'hui. Récemment, plusieurs institutions se sont intéressées aux impacts environnementaux que pourrait engendrer un dépôt terrestre de sédiments marins plutôt qu'un dépôt en mer. Toutefois, un dépôt terrestre peut mener soit à l'élimination ou soit à la valorisation et c'est pourquoi le présent travail s'oriente davantage sur l'évaluation des options de gestion des déblais salés en milieu terrestre et leurs impacts.

L'objectif principal de ce document est de dresser un portrait des principales options de gestion de déblais qui existent et, dans une seconde mesure, d'analyser la faisabilité de ces différentes options, le tout en tenant compte du contexte actuel du dragage au Québec. Pour ce faire, un sommaire des différentes juridictions associées sera présenté en première partie. Par la suite, les aspects techniques ainsi que les avantages et les obstacles qu'implique l'implantation des options de gestion seront documentés. Le tout sera illustré par de multiples exemples présentés sous la forme d'études de cas. La troisième section traitera des principaux impacts reliés aux activités de dépôts, notamment en ce qui a trait aux impacts rattachés à la salinité des déblais. Pour terminer, ce document fournira quelques recommandations qui sont essentiellement basées sur l'analyse préalablement détaillée.

Dans le but de rendre l'information de la manière la plus fidèle possible, plusieurs types de documentation ont été consultés pour bien mener à terme ce projet. D'abord de la littérature grise a été ratissée dans le but d'être à l'affût des derniers déroulements en matière de gestion de sédiments en milieu terrestre. Également, plusieurs rapports provenant du *US Army Corps of Engineers* (USACE) ont été étudiés puisque ces derniers sont déjà bien avancés sur le sujet. Dans la même optique, des réalisations internationales ont été utilisées pour bonifier le travail.

## 1 MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Le dragage représente l'opération qui consiste à prélever des matériaux au fond d'un cours d'eau dans le but principal de réaliser des travaux de génie maritime. La plupart du temps, ce sont des travaux d'entretien du fond d'un chenal, d'un port, d'une marina ou d'une rampe de mise à l'eau afin de conserver la profondeur nécessaire à la navigation (POC, 2007). Cette opération s'effectue à intervalles réguliers. Au Canada, ce sont environ 2,6 millions de mètres cube (m<sup>3</sup>) de sédiments qui sont dragués chaque année dans le milieu marin. Durant l'année financière 2005-2006, quelques 61 000 m<sup>3</sup> de sédiments ont été dragués dans la zone du golfe du Saint-Laurent assujettie au *Règlement sur l'immersion en mer* de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) (EC, 2007a).

Ces importantes quantités de sédiments doivent inévitablement être relocalisées et le choix de l'emplacement doit tenir compte, d'une part, des facteurs économiques mais également des facteurs humains et environnementaux. Il existe plusieurs options de gestion pour ces déblais de dragage. À l'heure actuelle, au Québec le rejet des déblais en eau libre est une option de gestion très bien documentée et grandement utilisée. Cependant, d'autres options telles que l'élimination terrestre, le confinement sur terre ou encore les options de valorisation des sédiments comme la création ou la restauration d'habitats, le remblai, le remplissage et le recouvrement de diverses surfaces, la construction et l'utilisation industrielle ou vouée au domaine du transport ou encore les techniques de stabilisation de berge et de contrôle de l'érosion, sont beaucoup moins connues et mises en œuvre (USACE, 2007; USEPA 2003).

En ce qui concerne le rejet des déblais en eau libre, c'est Environnement Canada (EC) qui est responsable du contrôle de l'immersion en mer de sédiments de dragage et autres matières par le biais d'un système d'émission de permis (LCPE, 1999; EC 2002a). Chaque octroi de permis fait l'objet d'un examen approfondi dans le but de protéger le mieux possible le milieu marin et la santé humaine. En effet, selon la LCPE l'immersion en mer de sédiments de dragage devrait être permise seulement lorsque toutes les options de gestion ont été considérées et que le dépôt en eau libre demeure la solution optimale (EC, 2007a; EC, 2002a).

Le Programme sur l'immersion en mer d'Environnement Canada reçoit, chaque année, une cinquantaine de demandes de permis pour procéder au rejet à la mer des déblais de dragage. Le traitement de chaque demande fait appel à un processus d'évaluation environnementale afin de déterminer si l'immersion en mer de ces déblais est la solution de gestion optimale (Annexe 6 de la LCPE; voir Annexe 1 du présent document). En vertu de ce processus, les autorités d'EC doivent notamment faire une évaluation comparative des options d'évacuation en mer ou d'évacuation à terre lorsqu'il est question de rejeter à la mer des déblais de dragage. En effet, avant de décider si l'immersion en mer est l'option la plus favorable, il importe de déterminer les impacts appréhendés de chacune des options (EC, 2007b).

Outre le fait que les options de gestion en milieu terrestre et la valorisation en milieu aquatique dans le contexte québécois sont peu documentées, une seconde problématique provient du fait que le fleuve Saint-Laurent dispose d'un important gradient de salinité, et donc, qu'à partir de la Ville de Tadoussac, on considère que les déblais de dragage sont salins. Toutefois, le sel marin ne fait toujours pas partie des substances normées au Québec, en ce qui concerne la gestion des sédiments en tant que sols ou encore la gestion de l'eau. Certaines incertitudes persistent donc quant au réel potentiel de contamination des sols ou des eaux souterraines, à plus ou moins long terme, associé à l'élimination ou à la valorisation des sédiments marins en milieu terrestre.

Afin d'augmenter la qualité de l'évaluation comparative des options d'évacuation en mer ou à terre, EC souhaite documenter davantage les impacts potentiels, positifs et négatifs, générés par l'une ou l'autre des options de gestion des déblais de dragage, le milieu terrestre visé étant celui localisé dans le secteur du golfe du Saint-Laurent. Cette information devrait permettre une meilleure vision d'ensemble des impacts et ainsi engendrer une meilleure prise de décision à savoir si l'émission de permis pour l'immersion en mer est réellement la solution optimale et durable pour l'environnement. Il est à noter que les sédiments contaminés par d'autres types de substances ne feront pas l'objet de considération dans le présent rapport.

## **2 CONTEXTE LÉGISLATIF**

Afin de mieux saisir le contexte québécois dans lequel la problématique s'inscrit, les principales conventions, lois et leurs règlements qui encadrent le dragage, la gestion des déblais ainsi que la contamination des ressources par le sel, seront décrites dans la présente section.

De manière générale, au fédéral comme au provincial, les travaux de dragages sont accompagnés d'une évaluation environnementale en plus d'impliquer l'obtention de un ou plusieurs permis, ou de un ou plusieurs certificats d'autorisation (CA).

### **2.1 Législation canadienne**

La législation fédérale encadre uniquement la portion des activités de dragage qui a lieu dans des cours d'eau ou en mer. Rares sont les lois et règlements fédéraux qui concernent tout ce qui a trait au dépôt en milieu terrestre.

#### **2.1.1 Convention de Londres de 1972**

La convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets, appelée la Convention de Londres, est une des premières conventions qui a été mise en place pour protéger le milieu marin de la pollution anthropique. Adoptée en 1972, mise en vigueur en 1975, aujourd'hui 82 pays dont le Canada ont ratifiés la Convention. Elle a pour objectif d'interdire l'immersion en mer de déchets et autres substances énumérées dans ses annexes :

- Annexe I : liste des substances dont le déversement est interdit
- Annexe II : liste des substances pour lesquelles le rejet peut être autorisé avec l'obtention d'un permis

Durant cette période, les substances non mentionnées en annexes pouvaient alors être déversées en mer sans contrainte (Ifremer 2002 ; IMO, 2002). Cependant, cette convention a été révisée en 1996, lors d'une autre rencontre à Londres qui a donné lieu au Protocole de 1996.

### **2.1.2 Protocole de 1996**

En 1996, une réunion de l'Organisation maritime internationale (IMO) avait lieu de nouveau à Londres. L'objectif de cette rencontre était d'actualiser la Convention de Londres et éventuellement de la remplacer (IMO, 2002). Le Protocole introduit « une approche de précaution en matière de protection de l'environnement et de mise en application du principe du pollueur-payeur » (Ifremer, 2002). Fait important, le concept de liste d'inclusion des substances n'existe plus. Tout rejet de substances en mer est maintenant interdit sauf pour quelques produits énumérés en annexe I du Protocole, soit les déblais de dragage, les boues d'épuration, les déchets de la pêche ou de son traitement industriel en mer, etc. (Ifremer, 2002). En 2002, le Protocole avait 31 Parties signataires (IMO, 2002).

### **2.1.3 Loi canadienne sur la protection de l'environnement**

Les dispositions de la LCPE,

« portent principalement sur la prévention de la pollution, l'établissement de nouvelles méthodes d'examen et d'évaluation des substances, et la création d'obligations concernant les substances que le ministre de l'Environnement et celui de la Santé jugent effectivement ou potentiellement toxiques au sens de la loi » (EC 2002b).

« L'objectif de la LCPE (1999) et de ses règlements sur l'immersion en mer est donc de prévenir la pollution des mers résultant de l'immersion non réglementée de déchets ou d'autres matières » (EC 2002b). Elle énumère, en son annexe 5, à l'image du Protocole de 1996, la liste des substances que l'on peut immerger en mer.

Chaque projet impliquant l'immersion en mer de substances telles que les déblais de dragage, nécessite l'obtention d'un permis. Aussi, chaque octroi de permis relié à un projet donné est précédé d'une évaluation complète effectuée par les autorités fédérales.

« Les permis délivrés définissent le moment, la manipulation, le stockage, le chargement et l'immersion des substances et fixent les exigences de surveillance. L'évaluation des demandes de permis comporte un avis public, une demande donnant de l'information détaillée, un examen scientifique et le paiement des droits » (EC, 2002b).

Toutefois, la Loi prévoit certaines exclusions en ce qui a trait à la nécessité d'obtention d'un permis, et c'est le cas pour « le placement de substances à des fins autres que leur simple élimination [...] » (LCPE, 1999). C'est donc dire que la valorisation des déblais en mer, par exemple en berge ou en estran, n'implique pas de permis d'immersion en mer (St-Laurent, 2008).

#### **2.1.4 Loi canadienne sur l'évaluation environnementale**

Les projets de dragage sont pour la plupart, sinon tous, soumis à la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCÉE) (LCÉE, 1992). En effet, le dragage est considéré comme étant un projet au sens de la LCÉE (LCÉE, 1992) puisque c'est une « activité concrète, non liée à un ouvrage, désignée par le Règlement sur la liste d'inclusion (1994) » (ACÉE, 2007). De plus, la plupart des travaux impliquent une autorité fédérale, par exemple, lorsqu'une administration portuaire canadienne est impliquée. Finalement, lorsqu'une demande d'immersion en mer est nécessaire, il y a automatiquement présence d'un déclencheur puisque le Programme sur l'immersion en mer d'Environnement Canada doit « exercer une fonction de réglementation à l'égard d'un projet (comme délivrer un permis ou une licence), conformément à une disposition d'une loi ou d'un règlement énuméré dans le Règlement sur les dispositions législatives et réglementaires désignées » (ACÉE, 2007).

De ce fait, lors de la planification des projets de dragage et d'immersion en mer, les promoteurs doivent entreprendre une évaluation environnementale faisant ressortir les impacts potentiels que chaque étape du cycle de vie du projet planifié pourrait avoir sur l'environnement et la santé humaine. Les différentes variantes d'un projet y sont souvent décrites et analysées sommairement dans le but de démontrer que le projet retenu par le promoteur est celui qui, somme toute, cause le moins d'impacts négatifs au milieu récepteur.

#### **2.1.5 Loi sur les pêches**

Le principal domaine d'activité réglementaire qui touche les projets de dragage concerne l'article 35 de la *Loi sur les pêches* qui est appliqué par Pêches et Océans Canada (POC).

« L'article 35(1) est une interdiction générale de causer la détérioration, la destruction ou la perturbation (DDP) de l'habitat du poisson. Cela signifie que tout ouvrage ou entreprise entraînant une DDP contrevient à l'article 35(1). La seule exception à cette interdiction générale découle de la délivrance d'une autorisation visant la DDP en vertu de l'article 35(2). [...] Il n'est pas nécessaire que le projet ait reçu une approbation en vertu de l'article 35(2) pour être réalisé. Toutefois, si le projet cause une DDP et qu'une autorisation n'a pas été délivrée, le promoteur pourrait être coupable d'une infraction » (POC, 2008).

De ce fait, avant d'émettre une autorisation pour un projet d'immersion en mer, par exemple, POC demande aux promoteurs de modifier le projet, si possible, de telle sorte qu'il ne cause aucune DDP. Ce règlement confère donc à POC le pouvoir de privilégier les projets de valorisation des déblais en milieu terrestre (St-Laurent, 2008).

## **2.2 Législation québécoise**

La législation du Québec encadre, elle aussi, les travaux de dragage. Dans un premier temps, elle exige l'obtention d'un certificat d'autorisation pour entamer la plupart des activités. Dans un second temps, le Québec légifère tout ce qui a trait au dépôt terrestre de sédiments.

### **2.2.1 Loi sur la qualité de l'environnement**

Le Québec a adopté sa première *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) en 1972. En plus de baliser le concept d'environnement tel qu'on le connaît aujourd'hui, l'essence de cette Loi est contenue à l'intérieur de l'article 20 du *Règlement relatif à l'application de la LQE*:

« Nul ne doit émettre, déposer, dégager ou rejeter ni permettre le dépôt, le dégagement ou le rejet dans l'environnement d'un contaminant au-delà de la quantité ou de la concentration prévue par règlement du gouvernement » (LQE, 1999).

La Loi définit un contaminant comme étant :

« une matière solide, liquide ou gazeuse, un micro-organisme, un son, une vibration, un rayonnement, une chaleur, une odeur, une radiation ou toute combinaison de l'un ou l'autre susceptible d'altérer de quelque manière la qualité de l'environnement » (LQE, 1999).

Autre fait important, afin de s'assurer qu'une activité ne génère pas de pollution au-delà des normes prévues par les règlements, le ministre de l'Environnement, en vertu de l'article 22 de la LQE, doit émettre un CA avant le début de tous travaux. Ce concept de CA est propre à la province du Québec.

### **2.2.2 Article 31.1 du *Règlement relatif à l'application de la LQE***

En plus des articles 20 et 22, l'article 31.1 sert d'encadrement pour tous les grands projets anticipés sur le territoire québécois :

« Nul ne peut entreprendre une construction, un ouvrage, une activité ou une exploitation ou exécuter des travaux suivant un plan ou un programme, dans les cas prévus par règlement du gouvernement, sans suivre la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement prévue [par règlement] et obtenir un CA du gouvernement » (LQE, 1999).

### **2.2.3 Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement**

Le *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* (RÉEIE) précise les projets soumis à l'article 31.1 de la LQE (1999). La section II du RÉEIE présente la liste des « des constructions, ouvrages, travaux, plans, programmes, exploitations ou activités qui sont assujettis à la Loi ». Parmi cette liste, on y retrouve une mention sur les projets de dragage :

« Tout programme ou projet de dragage [...] à quelque fin que ce soit dans un cours d'eau visé à l'annexe A ou dans un lac, à l'intérieur de la limite des inondations de récurrence de 2 ans, sur une distance de 300 mètres ou plus ou sur une superficie de 5 000 mètres carrés ou plus [...] » (LQE, 1999).

C'est donc dire que les projets de dragage peuvent être assujettis aux lois des deux paliers de gouvernements. Les promoteurs ont, de ce fait, la responsabilité de procéder à une évaluation environnementale en amont de leur projet.

## 2.2.4 Critères de qualité des sols, de l'eau souterraine, de l'eau de surface et de l'eau potable

Au Québec, l'annexe 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (PPSRTC) indique les valeurs associées à un seuil sécuritaire pour plusieurs contaminants dans le but de protéger les usages des sols ou de l'eau souterraine.

En ce qui a trait aux sols, aucune valeur associée aux sels ne se retrouve dans la dite Politique. Cependant, en Ontario, certains critères existent à ce niveau (tableau 2.1) (Ontario guidelines, 1997).

**Tableau 2.1** Critères de salinité, applicables aux sols et à l'eau souterraine. Adapté d'Ontario guidelines (1997, p.A12).

Éléments à surveiller	Sols agricoles	Sols résidentiels et de parcs	Sols industriels et commerciaux
Conductivité électrique (MiliSiemens (mS)/cm)*	0,7	0,7	1,4

\*La conductivité électrique est davantage élaborée en annexe 2.

En ce qui concerne l'eau souterraine au Québec, les seuls critères associés à la salinité sont des critères relatifs aux chlorures retrouvés dans l'eau utilisée à des fins de consommation ou encore pour la résurgence de l'eau souterraine dans les eaux de surface (PPSRTC, 1998). Ces critères sont les mêmes que ceux retrouvés dans le document « Critères de qualité de l'eau de surface au Québec » et sont présentés ci-dessous (MDDEP, 2007).

Pour ce qui est de l'eau de surface, elle est essentiellement encadrée par le document Critères de qualité de l'eau de surface au Québec, qui a été mis à jour en juillet 2007. Celui-ci énonce principalement des critères de qualité de l'eau concernant plus de 300 contaminants, et ce, pour chaque usage de l'eau soit, « les sources d'eau potable, la consommation d'organismes aquatiques, la vie aquatique, la faune terrestre piscivore, ainsi que les activités récréatives » (MDDEP, 2007). Toutefois, il importe de mentionner que ces critères de qualité ne font pas force de loi, par opposition aux normes (MDDEP, 2007). Voici, présentés dans le tableau 2.2, les critères québécois de qualité de l'eau de surface associés à la présence des sels.

**Tableau 2.2** Critères de qualité de l'eau de surface, associés à la présence des chlorures, du sodium et des sulfates. Tiré du MDDEP (2007)

	<b>Chlorures (mg/L Cl)</b>	<b>Sulfates (mg/L SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	<b>Sodium (mg/L Na)</b>
<b>Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)</b>	250	500	200
<b>Valeur aiguë finale à l'effluent</b>	1720	600	-
<b>Protection de la vie aquatique (Toxicité aiguë)</b>	860	300	-
<b>Protection de la vie aquatique (Effet chronique)</b>	230	-	-

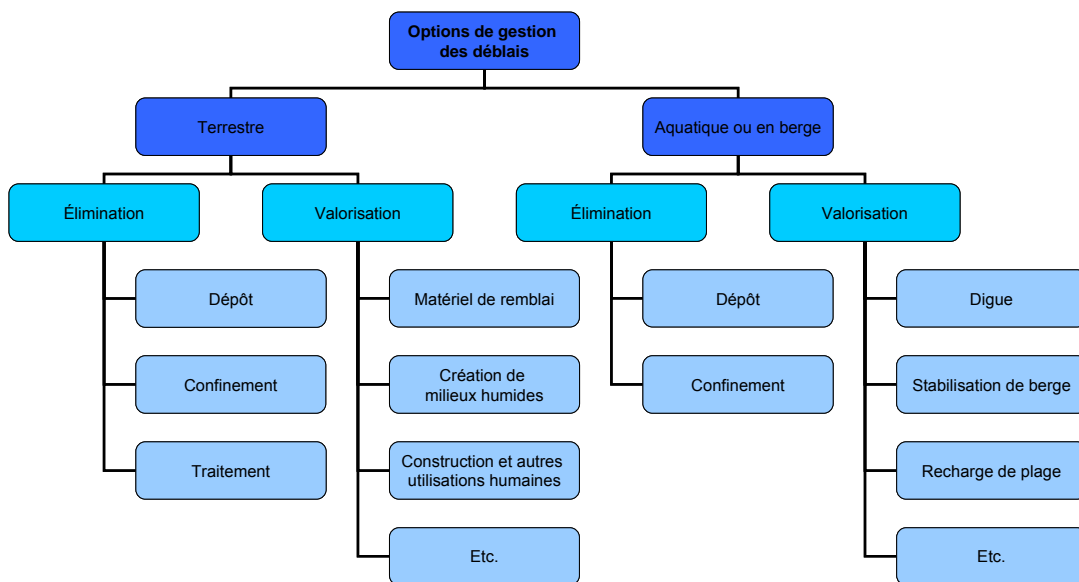
Finalement, en ce qui a trait aux critères qui concernent l'eau potable, le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) se rallie à Santé Canada ainsi qu'au Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) pour recommander une concentration moindre à 250 mg/L de chlorure et à 200 mg/L de sodium dans l'eau de consommation (MSSS, 2008; Santé Canada, 2008a; GEMTEC, 2006). Pour ce qui est des sulfates, Santé Canada (2008b) recommande une concentration maximale de 500 mg/L dans l'eau potable pour des raisons d'esthétisme et de goût.

Il est possible que d'autres lois et règlements, tant fédéral que provincial, s'appliquent selon les projets. Cependant, c'est à l'aide de l'évaluation environnementale remise par le promoteur, le cas échéant, que les autorités statueront sur les spécificités du projet, et donc, sur les critères et normes que ce dernier devra respecter (Laberge, 2008).

### 3 OPTIONS DE GESTION DES DÉBLAIS

Il importe de bien connaître et maîtriser les différentes options de gestion des déblais de dragage lors de la planification d'un projet. En effet, lorsque vient le temps d'aborder les variantes d'un projet à l'intérieur d'une évaluation environnementale, le promoteur doit être en mesure de justifier son choix.

Bien que très répandue au Québec, l'immersion en mer n'est pas la seule option de gestion des matériaux issus du dragage. Étant donné l'importance des volumes extraits chaque année, chacune des options doit être envisagée et analysée à juste titre, afin de tendre vers une gestion plus durable des déblais. La figure 3.1 représente brièvement les options qui doivent être prises en considération lors de l'analyse des projets.



**Figure 3.1** Schéma simplifié des options de gestion des sédiments de dragage. Inspirée d'Ifremer (2008).

Selon leurs caractéristiques physico-chimiques et leur degré de contamination, les déblais peuvent être soit éliminés ou valorisés, sur terre comme en mer (Ifremer, 2008). Lorsqu'il est question d'élimination, les sédiments peuvent être soit déposés ou confinés, quel que soit le milieu. Aussi, certains types de déblais peuvent être traités avant le dépôt, le confinement ou la valorisation, si ces derniers sont contaminés de façon significative. Le cas échéant, le traitement a lieu en milieu terrestre (Ifremer, 2008). La valorisation, quant à elle, tant en milieu terrestre qu'aquatique, est souvent une option envisagée dans le but de « répondre à un besoin [réel] en matériaux » (Ifremer, 2008).

### 3.1 Élimination des déblais

Au même titre que les matières résiduelles domestiques, l'élimination fait référence à l'ensemble des opérations d'entreposage, de confinement et de traitement des déblais aboutissant à des substances qui sont abandonnées dans le milieu naturel et ce, sans effet nocif pour la santé humaine ou pour l'environnement (Michaud, 1993). Que ce soit en mer ou sur terre, voici les principales options d'élimination des sédiments qui sont envisageables pour les promoteurs.

#### 3.1.1 Élimination en milieu terrestre

Cette section définit et illustre ce que sont, et ce qu'impliquent, le dépôt et le confinement des déblais en milieu terrestre.

##### 3.1.1.1 Dépôt terrestre

Selon EC, un dépôt est considéré terrestre lorsqu'il est situé au-delà de la ligne qui définit la pleine mer supérieure, marée moyenne (PMSMM) (St-Laurent, 2008). Il se caractérise par un largage des sédiments sur le sol, sans aucune mesure de mitigation.

Au Québec, peu de données existent encore au sujet du dépôt terrestre de sédiments salés. Cependant, les provinces atlantiques sont plus avancées. À titre d'exemple, à elle seule, la province du Nouveau-Brunswick dépose d'importants tonnages de déblais sur terre, tel que le démontre le tableau 3.1.

**Tableau 3.1** Volumes de déblais salés de dragage déposés sur la terre, côte Est du Nouveau-Brunswick.  
Tiré de TPSGC (2007a, p.17)

Années	Volume (tonnes) *
1986	86 000
1994	41 300
1998	47 000
2005	51 000
2006	47 000

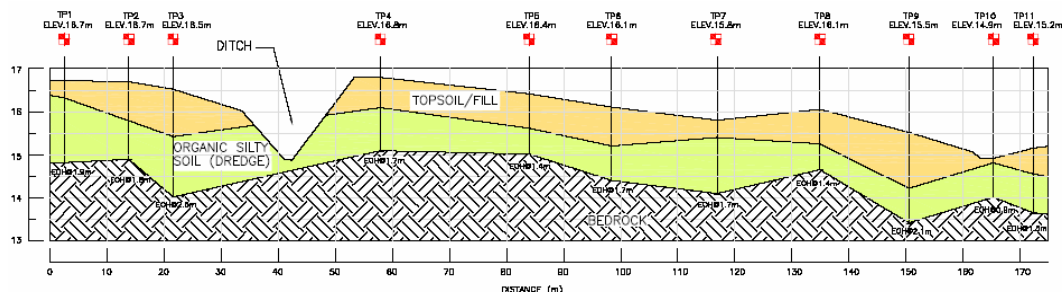
\* Aucune tendance ne doit être extrapolée de ces volumes.

### 3.1.1.1.1 Étude de cas au Nouveau-Brunswick

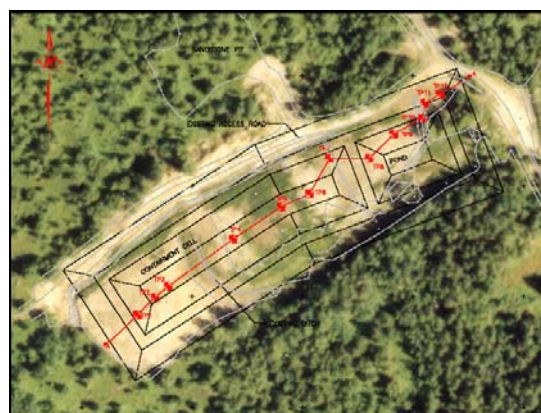
Afin d'illustrer le concept de dépôt direct des sédiments marins ainsi que les impacts que cela peut engendrer, les détails techniques et les résultats d'un projet au Nouveau-Brunswick seront ici-bas décrits.

Un projet, sous la tutelle de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) et des consultants GEMTEC Limited (2006), a vu le jour au Nouveau-Brunswick près de la frontière du Parc National Kouchibouguac. Ces derniers ont effectué le suivi de la salinité des effluents près d'un site de dépôt de déblais marins, Loggie Pit, qui avait été utilisé quatre ans auparavant. Aussi, GEMTEC a comparé ces résultats avec des données recueillies sur d'autres sites d'échantillonnage moins âgés, là où des dépôts terrestres avaient également été installés.

C'est donc en 2001 qu'une élimination des déblais a été faite dans une ancienne carrière à grès, Loggie Pit. Les déblais avaient une épaisseur de 1 ou 2 m alors que les sédiments de remplissage de la carrière avaient, en moyenne, une épaisseur de 1 m. La nappe d'eau souterraine a été évaluée à 1,5 m sous la roche mère du site (figure 3.2). Finalement, les sédiments de remplissage ont été égalisés et recouverts en partie de graminées (figure 3.3).



**Figure 3.2** Schématisation d'une coupe transversale du site de dépôt de déblais. Tirée de GEMTEC (2006, p.14)



**Figure 3.3** Vue aérienne du site de dépôt de déblais. Tirée de GEMTEC (2006, p.13)

Les points rouges, sur les figures ci-dessus, représentent les 12 puits d'observation de la qualité de l'eau qui ont été installés par GEMTEC en 2005. Les résultats des concentrations de sels retrouvées dans ces puits d'observation, présentés dans le tableau 3.2, démontrent que toutes les concentrations de sodium obtenues dépassent les critères recommandés par le CCME, et ce, même quatre ans après le dépôt. Les concentrations de chlorures, quant à elles, dépassent deux fois sur trois les critères d'acceptabilité. Il appert qu'aucune donnée n'a été amassée concernant les concentrations de sulfates.

**Tableau 3.2** Résultats analytiques des échantillons de sols à Loggie Pit. Tiré de GEMTEC (2006, p.5)

Profondeur (m)	Sodium (mg/kg)	Chlorure (mg/kg)
1,1 - 1,2	422	172
1,2 - 1,7	1120	698
1,7 - 1,8	1230	750

De plus, l'ensemble des résultats obtenus au fil du temps est présenté dans le tableau 3.3.

**Tableau 3.3** Évolution des déblais de dragage des trois sites confondus. Tiré de TPSGC (2007a, p.26-27)

<b>1 m de profondeur</b>	
<b>Lors du dépôt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teneur en humidité : 200 %</li> <li>Composition : 50 % d'eau de mer et 50 % de sédiments en termes de volume</li> </ul>
<b>Après 6 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teneur en humidité : 70 %</li> <li>Concentration en chlorures dans l'eau interstitielle : 4000 mg/kg</li> </ul>
<b>Après 5 ans</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teneur en humidité : 50 %</li> <li>Concentration en chlorures dans l'eau interstitielle : 175 mg/kg</li> </ul>
<b>2 m de profondeur</b>	
<b>Après 6 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teneur en humidité : 70 %</li> <li>Concentration en chlorures dans l'eau interstitielle : 5060 mg/kg</li> </ul>
<b>Après 5 ans</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teneur en humidité : 52 %</li> <li>Concentration en chlorures dans l'eau interstitielle : 700 mg/kg</li> </ul>

### 3.1.1.2 Confinement terrestre

La contamination de l'environnement due au dépôt terrestre de sédiments salés a donc déjà été observée. De plus en plus de projets, comme celui de TPSGC au Nouveau-Brunswick, démontrent qu'un confinement, c'est-à-dire un ensemble de précautions prises pour empêcher la dispersion de contaminants dans l'environnement, pourrait être nécessaire afin de s'assurer que l'élimination des déblais s'exécute en toute conformité avec les lois, les règlements et

politiques mises en place pour protéger l'environnement. Il est à noter que davantage de renseignements relatifs au confinement terrestre seront divulgués dans la section 4.3.2.

### **3.1.2 Élimination en milieu aquatique et en berge**

L'élimination en milieu aquatique est synonyme de l'immersion en mer. Ce type d'élimination des déblais rend possible la gestion des matériaux de tous les types de granulométrie. Pour procéder à l'immersion en mer, le permis doit être émis par EC dans la mesure où la contamination des sédiments est relativement faible, et ce, basé sur le document Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent, mis sur pied par le Centre Saint-Laurent (CSL) et le MDDEP (Dessau Soprin, 2007a). Toutefois, dans le golfe du Saint-Laurent, la fraction des sédiments contaminés est infime, selon monsieur St-Laurent (2008), coordonnateur du programme d'immersion en mer chez EC.

Dans le cas des sédiments marins, la salinité n'est pas un problème pour le rejet des sédiments en eaux libres. Les autorités interviennent davantage dans le but de s'assurer que la « mise en dépôt ne contribue pas à dégrader la qualité des matériaux en place ou à détériorer des habitats aquatiques » (CBJ Environnement Inc., 2006). En effet, la principale préoccupation est la hausse de la concentration de matières en suspension dans le milieu récepteur (EC, 1994).

Malgré ces impacts négatifs, il demeure que les sédiments provenant du milieu aquatique y sont retournés. Les promoteurs au Québec optent plus souvent pour cette option puisque les distances à parcourir entre les lieux de dragage et les lieux d'immersion sont très faibles, et donc les coûts sont généralement moindres que toute autre option de gestion. En effet, l'immersion en mer représente souvent la variante de projet choisie à laquelle les autres options sont comparées (CBJ Environnement Inc., 2006).

Dans un autre ordre d'idées, des dépôts peuvent également être effectués en berge, donc sous la ligne qui définit la PMSMM. Il est important de spécifier que lorsqu'un tel dépôt représente une élimination des déblais, et non une forme de valorisation, le projet doit également être autorisé par le biais d'un permis d'immersion en mer (St-Laurent, 2008).

## **3.2 Valorisation des déblais**

Outre l'élimination des déblais, il existe la possibilité d'utiliser les déblais comme étant une ressource réutilisable. Rappelons que pour être en mesure d'octroyer un permis d'immersion en mer, EC doit considérer tous les aspects des opérations de dragage ainsi que tous les aspects concernant les opérations de dépôt (voir annexe 1). C'est donc pourquoi les différentes façons de valoriser les déblais marins, tant sur le terre qu'en milieu aquatique, doivent être mises en lumière.


### **3.2.1 Valorisation en milieu terrestre**

Il existe trois grandes catégories de valorisation des sédiments marins en milieu terrestre, soit la restauration d'habitats, l'utilisation des matériaux à des fins de remblaiement, remplissage et recouvrement ainsi que la valorisation pour différents types de cultures. D'autres options de valorisation en milieu terrestre existent ou font l'objet de projets expérimentaux, toutefois ces derniers sont moins applicables au contexte québécois.

#### **3.2.1.1 Restauration d'habitats**

L'objectif premier de ce type de valorisation est d'utiliser les déblais pour restaurer des habitats favorisant la colonisation, ou encore le maintien et la reproduction des populations fauniques et floristiques adaptées (Braün, 2006). Certains objectifs secondaires peuvent également s'y greffer, par exemple lorsqu'il s'agit d'une protection côtière accrue ou encore de l'aménagement d'espaces récréatifs convoités par les populations locales et de touristes (Braün, 2006). Concrètement, au Québec, considérant le fait que les sédiments dragués soient salés, un seul type d'habitat sensible pourrait être visé, soit les milieux dunaires.

### 3.2.1.1.1 Restauration de dunes

<b>Problématique</b>
<p>Il est possible de retrouver des milieux dunaires à certains endroits aux abords du golfe Saint-Laurent. D'ailleurs, près du tiers de la superficie des Îles-de-la-Madeleine est recouvert de dunes. Ces milieux fragiles abritent d'importants habitats fauniques tels des étangs, des marais et même des tourbières. Des brèches peuvent se former dans ces dunes soit par l'entremise de l'humain (aux Îles-de-la-Madeleine les milieux dunaires ont longtemps servi à l'extraction de sable ou de terrain de jeu pour les véhicules tout-terrain (CBJ Environnement Inc, 2006)), soit naturellement par l'érosion éolienne (SLV 2000, 2005). La valorisation des sables dragués à des fins de restauration des dunes devient donc, dans de tels cas, une option intéressante.</p>
<b>Éléments techniques à prendre en compte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Le sable importé devrait être composé de grains de grosseur moyenne, afin que le matériel soit semblable à celui avec lequel les dunes présentes sont composées. Les sables grossiers sont habituellement pauvres en matières nutritives et retiennent moins bien l'humidité qui permet aux plantes de croître, alors qu'une granulométrie trop fine est plus vulnérable à l'érosion par le vent ou les vagues (QGEPA, 2004).</li><li>• Il est possible de pomper les sédiments à partir des eaux libres en direction des dunes à restaurer.</li><li>• Le reprofilage peut être effectué à l'aide de l'équipement d'excavation conventionnel (QGEPA, 2004).</li><li>• La première stabilisation devrait être faite à partir de branches ou d'une culture servant d'abris, tous deux dans le but de prévenir la déformation par le vent avant que la végétation indigène prenne racine (QGEPA, 2004).</li></ul>
<b>Exemple de projet</b>
<p>Au Québec, aucun projet de restauration de dunes n'a été fait jusqu'à maintenant. Toutefois, la Société canadienne de sel Ltée. mentionne la restauration des dunes comme étant une variante de projet envisageable à l'intérieur de leur étude d'impact sur l'environnement lié à leur programme décennal de dragage d'entretien du chenal maritime à Grande Entrée, situé aux Îles-de-la-Madeleine (CBJ Environnement Inc., 2006).</p>

<p><b>Figure 3.4</b> Aménagement dunaire aux Îles-de-la-Madeleine. Tirée de SLV 2000 (2003).</p>

### Principaux obstacles

- La contamination des eaux souterraines par l'eau salée est possible si ces dernières sont caractérisées par de l'eau douce. Des délais sont donc requis entre les travaux de dragage et la restauration de dunes pour que les sels soient lessivés jusqu'à un seuil acceptable, c'est-à-dire celui où les plantes peuvent croître normalement (QGEPA, 2004) et celui où la province sera confortable d'émettre un certificat d'autorisation des travaux.
- Les déblais pourraient contenir une bonne quantité de coquillages, ce qui pourrait contribuer à l'augmentation du pH et ainsi affecter la disponibilité de certains nutriments nécessaires à la croissance des végétaux (QGEPA, 2004).
- La méthode est onéreuse (QGEPA, 2004).
- La restauration de dunes ne relève pas nécessairement des compétences du promoteur des travaux de dragage (CBJ Environnement Inc., 2006).
- Il existe peu de milieux dunaires, les Îles-de-la-Madeleine abritant la majorité des dunes au Québec.
- Ce type de gestion est très peu documenté.
- Sans s'y limiter, les projets peuvent être assujettis aux lois suivantes :
  - Provincial : *Loi sur la qualité de l'environnement* ; *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* ; *Loi sur les espèces en péril* ; *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* ;
  - Fédéral : *Loi sur la faune du Canada* ; *Loi sur la conservation concernant les oiseaux migrateurs* ; *Loi sur les pêches* (Dessau Soprin, 2007a).

### Principaux avantages

- La restauration avec des déblais est habituellement rapide et efficace (QGEPA, 2004).
- Possibilité de restaurer d'importantes superficies lorsque de gros volumes de sédiments sont dragués (QGEPA, 2004).
- Ces milieux sont côtiers, donc près des lieux de dragage (QGEPA, 2004).
- Possibilité de redonner un habitat supportant une biodiversité riche et parfois rare.
- Là où les problèmes d'érosion sont importants, les bénéfices sont plus importants que les coûts.
- Il existe une association qui se spécialise dans les milieux dunaires, soit *Attention Fragîles*, située aux Îles-de-la-Madeleine, avec qui les promoteurs pourraient jumeler leurs efforts.

### 3.2.1.2 Matériaux de remblaiement, remplissage et recouvrement

Il existe autant de possibilités de valorisation des sédiments, en tant que matériel de remblaiement, de remplissage ou encore de recouvrement, que l'imagination puisse nous le permettre. L'objectif de ce travail étant de refléter les possibilités concrètes de la valorisation au Québec, seuls les sites miniers, les sites d'enfouissement ainsi que les matériaux de construction et les matériaux servant au transport seront traités dans la présente section.

### 3.2.1.2.1 Sites d'enfouissement et sites miniers

<b>Problématique</b>
<p>Les déblais de dragage peuvent servir comme matériaux de recouvrement des déchets dans les lieux d'enfouissement sanitaires (LES) et techniques (LET) ou dans les dépôts de matériaux secs afin de sceller l'entreposage de matières résiduelles qui présentent certains risques pour la santé humaine et l'environnement (Braün, 2006). Au même titre, ces sédiments marins pourraient également servir pour remplacer ou recouvrir les sols présents dans d'anciens sites miniers (Dessau Soprin, 2007a; USEPA and USACE, 2004). Effectivement, chaque lieu d'enfouissement sanitaire et technique doit avoir recourt à d'importants volumes de sols pour effectuer les recouvrements journaliers et le recouvrement final de chaque cellule autorisée (Braün, 2006). Parallèlement, les sites miniers représentent une problématique environnementale de taille. Le ministère des Ressources naturelles et de la faune du Québec (MRNF) a mis sur pied, en 1987, un programme de restauration des sites miniers de l'État. Depuis, plusieurs projets ont été réalisés et d'autres sont en cours. Toujours selon le MRNF, depuis 1991, « 20 aires réparties sur 11 sites miniers rétrocedées à l'État ont été restaurées par celui-ci et 140 ont un statut d'aires abandonnées parce qu'elles n'ont pas de responsable connu ou solvable » (MRNF, 2007).</p> <p>D'autres usages semblables sont possibles quant au recouvrement (ex : sites pour dépôt de matériaux secs) ou encore au remblaiement ou remplissage (ex : aménagement de terrains pour divers loisirs, création de nouveaux sites commerciaux, industriels ou résidentiels) (Dessau Soprin, 2007a).</p>
<b>Éléments techniques à prendre en compte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Le recouvrement successif des déchets dans les LES ou LET se fait de manière à étendre de fines couches de déblais pour que ces derniers se mélangent à la matière organique présente. L'objectif de ces manipulations est d'abord de restreindre la dispersion des déchets puis de réduire l'émission d'odeurs non désirables en plus de mieux contenir les lixiviats (Braün, 2006).</li><li>• Le recouvrement des lieux d'enfouissement nécessite une granulométrie composée de sable et d'argile consolidée, cette dernière granulométrie étant reconnue pour ses propriétés imperméabilisantes. Toutefois, l'utilisation de silt imperméabilisant ou encore de mélange de sédiments et de graviers peut être possible selon les conditions du site et les exigences techniques (Braün, 2006). Le <i>règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles</i> spécifie que la granulométrie doit être composée à moins de 20 % de particules de moins de 80 µm et doit avoir une perméabilité supérieure à 10<sup>-4</sup> cm/sec.</li><li>• La couche de sédiments servant au recouvrement final est généralement d'une épaisseur d'un mètre et le plus étanche possible (Braün, 2006).</li><li>• Le remplacement ou le remplissage des sites miniers ne requiert généralement pas une granulométrie particulière (Dessau Soprin, 2007a). Cependant, le choix de la granulométrie est souvent un compromis entre les caractéristiques des déblais et l'objectif de réhabilitation du site minier. Par exemple, dans le cas où une revégétalisation est souhaitée, ce sont les particules plus fines (sable fin et silts) qui seront favorisées.</li><li>• La plupart des travaux reliés à la restauration de sites miniers sont précédés de l'enlèvement, en tout ou en partie, des sols contaminés déjà en place (MRNF, 2007).</li></ul>
<b>Exemples de projet</b>

### **Pennsylvanie, États-Unis**

Un projet pilote a été effectué dans le centre de la Pennsylvanie. L'objectif était de remplir une ancienne mine de charbon à l'aide d'environ 250 000 m<sup>3</sup> de sédiments provenant de deux estuaires (COAST and PDEP, 2006), le tout mélangé à de la cendre de houille, dans le but ultime de « restaurer une topographie naturelle et d'éliminer les effets néfastes causés par le substrat rocheux, comme la formation d'eau acidifiée » (Dessau Soprin, 2007a). Lors du dragage, 60 % du volume dragué est occupé par de l'eau. Dans la barge, ils ont laissé décanter le surplus du contenu en eau. Le matériel était ensuite tamisé pour l'enlèvement des débris puis mélangé avec environ 15 % (volume) de cendre de houille pour être finalement chargé dans un wagon-tombereau recouvert avec une bâche pour transporter au site de la mine. La cendre aurait contribué à mobiliser l'excédent d'eau durant le transport, d'autant plus qu'elle joue un rôle alcalinisant (COAST and PDEP, 2006). Arrivés sur le site, les déblais sont de nouveau mélangés avec de la cendre dans un four rotatif à chaux dans les proportions nécessaires pour initier les réactions de cimentation. C'est donc ce mélange solidifié qui fût, par la suite, épandu à l'aide de la machinerie lourde. De plus amples renseignements sur les opérations sont disponibles dans le rapport final du COAST et PDEP (2006). Les résultats ont prouvé, entre autres, qu'il avait été possible d'effectuer une chaîne de manipulations des déblais de manière à ne pas ralentir significativement les travaux de dragage. Cependant, le rapport de COAST and PDEP (2006) stipule qu'un procédé accélérant l'enlèvement de l'eau aurait permis de transporter trois fois plus de matériaux sous forme solide vers le site minier. D'autre part, le seul impact décelé lors du suivi de la qualité des eaux fût la percolation de sels dans les sols et les eaux souterraines. Plusieurs hypothèses subsistent quant à la provenance mais la salinité des déblais influence certainement ce processus (COAST and PDEP, 2006). Plusieurs impacts positifs du projet ont toutefois été notés, notamment sur la faune environnante, la population qui avait été impliquée dans le processus en plus du fait que le projet ait généré plusieurs emplois dans la région (COAST and PDEP, 2006).



**Figure 3.5** Illustrations de la mine de charbon avant les travaux et une fois remblayée. Tirée de COAST and PDEP (2006, p.1).

### **Port de Gaspé - Sandy Beach en Gaspésie**

Au Québec, « Transport Canada et Xstrata envisagent la possibilité de transporter les sédiments à Murdochville pour les utiliser comme substrat pour la revégétation de la surface des parcs à résidus miniers de Xstrata » (Dessau Soprin, 2006). Essentiellement, l'objectif est de tirer profit du potentiel agronomique des déblais qui seront acheminés sur le site, à Murdochville. En bref, les six étapes du projet seront le dragage des sédiments, le dépôt dans un endroit prévu pour permettre l'assèchement, le traitement de l'eau en surplus, le transport des déblais vers la mine, le dépôt de ces derniers sur le site et finalement la revégétalisation. Le volume de sédiments dragués est d'environ 37 700 m<sup>3</sup>. En 2006, le projet était rendu à l'étape de divers essais en laboratoire à savoir le potentiel de lixiviation des contaminants (Dessau Soprin, 2006). Parmi les contaminants retrouvés dans les sédiments, mentionnons que les chlorures font partie des composés qui seront analysés dans le lixiviat comme dans l'eau de ruissellement puisque, selon Dessau Soprin (2006), ces derniers seront « inévitablement lessivés »

due à leur grande solubilité dans l'eau.

### Principaux obstacles

- Les sites miniers au Québec qui nécessiteront prochainement une restauration, sont majoritairement concentrés à l'intérieur des terres, c'est-à-dire loin des lieux de dragage : Abitibi-Témiscamingue (71 %); Outaouais (13 %); Chaudière-Appalaches (7 %); Estrie (4 %); Nord-du-Québec (2 %); Laurentides (2 %); Mauricie-Bois-Francs (1 %) (MRNF, 2007), ce qui engendrerait beaucoup de transport.
- Les sols doivent être préalablement desséchés (Dessau Soprin, 2006).
- Les sédiments entrent en compétition avec certains sols contaminés et autres matériaux possiblement utilisables pour ce type de travaux (PPSRTC, 1998).
- Sans s'y limiter, les projets peuvent être assujettis aux règlements provinciaux suivants :
  - *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* (LQE, 1999) ;
  - *Règlement sur l'enfouissement de sols contaminés* (LQE, 1999) ;
  - *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelle* (LQE, 1999) ;
  - *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* (LQE, 1999).

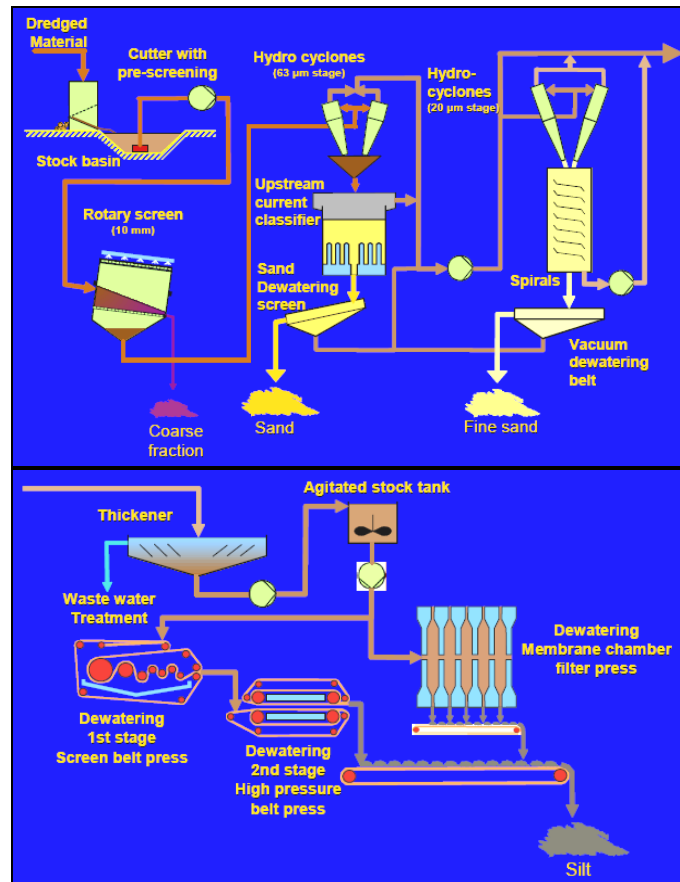
### Principaux avantages

- Au Québec, il existe plus de 140 anciennes aires d'exploitation minière abandonnées qui occupent une superficie de plus de 1 900 hectares et les investissements nécessaires sont estimés à environ 100 millions de dollars (MRNF, 2007). C'est donc dire que les autorités devraient vouloir collaborer.
- À titre d'exemple, en 2002, le LES du Val-Saint-François, a « acheté et fait transporter 14 700 tonnes de sable afin de recouvrir [...] 24 000 tonnes de matières résiduelles (déchets) ». Cela a représenté, pour le promoteur, une dépense qui se chiffre à 42 000 \$ en sable provenant de carrières (Lemieux, 2004). (Ces données peuvent servir d'ordre de grandeur et chiffrer les besoins en matériaux).
- Selon la liste des LES autorisés et en exploitation au Québec du MDDEP, les trois régions administratives adjacentes au golfe du Saint-Laurent (Bas-Saint-Laurent, Côte-Nord et Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine) abritent 16 LES au total qui sont relativement près des côtes (MDDEP, 2006).
- L'utilisation des déblais à cette fin mène nécessairement à une hausse de la valeur des propriétés et terrains avoisinants en plus d'améliorer la qualité du paysage (COAST and PDEP, 2006).

### 3.2.1.2.2 Transport et construction

<b>Problématique</b>
<p>La plupart des matériaux de construction et de transport proviennent, à l'heure actuelle, de carrières, gravières et sablières qui génèrent de nombreuses contraintes au niveau de l'environnement. En effet, l'altération du paysage est une des préoccupations souvent soulevée par le Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE) et ce, sans compter la contamination possible des eaux souterraines, les inconvénients dans le voisinage (MRC Rivière-du-Loup, 2004). Pour toutes ces raisons et puisque la demande des ces matériaux augmente et que le coût des divers matériaux, tels le ciment, le béton, la brique ou encore l'asphalte, est de plus en plus élevé, les sédiments de dragage peuvent être utilisés en tant que matière première pour la fabrication de matériaux pouvant servir à la construction ou au secteur des transports (Braün, 2006 ; PIANC, 1992).</p>
<b>Éléments techniques à prendre en compte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• En construction, tous les types de sédiments de dragage, pourvu qu'ils soient relativement purs et homogènes, peuvent être utilisés à titre de matières premières. Le choix de la granulométrie dépend essentiellement des caractéristiques physico-chimiques et géotechniques recherchées sur le marché pour le type de matériaux fabriqués: « composition minéralogique, cohésion des particules, granulométrie, capacité de consolidation et de compaction, élasticité, densité, perméabilité, conductivité, résistance, portance, etc. » (Braün, 2006).</li><li>• Les éléments à considérer dans le but de créer de tels matériaux à l'échelle industrielle, sont les suivants : « La disponibilité en sédiments, les traitements préalables (exemples : séchage, désalinisation, etc.), les besoins technologiques, le développement des procédés de fabrication, les coûts de production pour manufacturer les matériaux et le développement de nouveaux marchés pour les produits manufacturés » (Braün, 2006).</li><li>• Dans le secteur du transport, plusieurs options de valorisation sont possibles. L'aménagement d'une emprise, le matériel constituant le revêtement superficiel des routes ou toutes autres surfaces apparentées, le béton ou ciment utilisés pour les infrastructures et finalement tous types de réparation d'une ou l'autre de ces utilisations en ingénierie du transport (Braün, 2006).</li></ul>
<b>Exemple de projet</b>
<p><b>Dragage d'entretien du havre de Pointe-aux-Loups et Old-Harry, Îles-de-la-Madeleine</b></p> <p>Des travaux de dragage sont présentement en cours au havre de Pointe-aux-Loups. Les sédiments retirés sont essentiellement composés de sable et de gravier. Les volumes extraits varient entre 300 et 500 m<sup>3</sup> par année (Dessau Soprin, 2007a). Les équipements utilisés sont terrestres et le transport des déblais est facilité à l'aide de barges. « Les sédiments sont ensuite transportés sur le haut de plage avec un chargeur sur roues à Pointe-aux-Loups et par camion vers une carrière à Old Harry ». De ce point, c'est le ministère des Transports du Québec (MTQ) qui s'occupe de la gestion pour les divers travaux de voirie. « Les travaux de dragage et d'élimination ne comportent aucune modalité particulière et aucune structure de rétention n'est nécessaire pour leur exécution » (Dessau Soprin, 2007a).</p>
<b>Principaux obstacles</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La valorisation des sédiments dans ces domaines demande généralement un assèchement ainsi qu'une désalinisation préalable (Braün, 2006).</li></ul>

- Lorsque les sédiments ne sont pas homogènes, il faut recourir à des techniques de séparation des différentes granulométries, ce qui peut être complexe et très coûteux (voir figures suivantes) (Detzner and Knies, 2004).



**Figure 3.6** Technologies utilisées en Allemagne pour séparer les sédiments en fractions utilisables sur le marché de la construction. Tiré de Detzner and Knies (2004, p.5-6).

- Plusieurs produits entrent en compétition avec les sédiments, notamment pour la composition du béton ou de l'asphalte : sols contaminés, cendres diverses, etc.
- Sans s'y limiter, les projets peuvent être assujettis aux règlements suivants :
  - *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* (LQE, 1999) ;
  - *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* (LQE, 1999).

### Principaux avantages

- Possibilité de vendre les matériaux plutôt que de les éliminer. Par exemple, un problème d'approvisionnement en matériaux de construction est envisagé aux Îles-de-la-Madeleine. Le MTQ serait prêt à acheter le sable dragué pour une somme non négligeable d'environ 3,5 à 4 millions de dollars (St-Laurent, 2008).
- Une telle option de valorisation nécessite évidemment beaucoup de transport en direction des chantiers, et ce, principalement par camions. Cependant, ce transport aurait lieu même si ce n'était pas des sédiments qui étaient utilisés puisque l'approvisionnement en matériaux provient habituellement de carrières, gravières ou sablières, qui ne sont pas nécessairement à proximité des chantiers (St-Laurent, 2008). Par exemple, aux Îles-de-la-Madeleine, il est question de faire venir les matériaux de l'Île-du-Prince-Édouard pour combler les besoins (St-Laurent, 2008).

### 3.2.1.3 Agriculture, horticulture et foresterie

<b>Problématique</b>
<p>Certaines terres agricoles, horticoles ou forestières s'appauvrissent lorsque utilisées de manière intensive. L'amélioration de la qualité d'un tel sol par le biais d'un amendement, lorsque les sédiments sont mélangés au sol déjà en place, peut être possible à partir de déblais de dragage. Également, les sédiments peuvent être épandus sur des terres pauvres en substances nutritives. Ainsi, ce sol pourrait retrouver sa structure, ses propriétés et ses fonctions qui font en sorte qu'il pourra de nouveau offrir un support à la végétation (Dessau Soprin 2007a ; Braün, 2006; USEPA and USACE, 2004; PIANC, 1992). Aussi, un sol qui supporte une production de végétation mais qui est souvent soumis à des inondations pourrait être soulevé à l'aide de sédiments afin d'éviter que de telles situations ne se reproduisent tout en tirant profit de la richesse des sédiments prélevés dans le milieu aquatique (PIANC, 1992). Finalement, mentionnons que les jardins, les potagers domestiques ou tout autre type de culture nécessitant un substrat de qualité pourraient être un marché potentiel (Braün, 2006).</p>
<b>Éléments techniques à prendre en compte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Les matériaux recherchés sont généralement des sédiments fins, c'est-à-dire les argiles et les limons. Ce sont habituellement les sédiments recueillis lors des dragages d'entretien de havres (Marchand, 2008 ; Braün, 2006). « Le sable sert surtout comme matériau meuble pour améliorer la structure et la texture granulométrique des sols : ce qui permet d'améliorer, entre autre, les conditions de drainage » (Braün, 2006).</li><li>• Voici les grandes étapes de la transformation des sédiments en un sol fertile :<ul style="list-style-type: none"><li>• Caractérisation exhaustive des déblais (analyse physico-chimique ; analyse de la présence de graines non indigènes au milieu récepteur ou compétitrices contre la culture choisie ; analyse du taux de salinité) (Braün, 2006).</li><li>• Nettoyer et assécher les sédiments, cribler pour diviser les divers types de granulométries, traiter pour neutraliser les sols, mélanger pour optimiser la structure et la texture et finalement, amender pour accroître la fertilité du sol (Braün, 2006).</li></ul></li></ul>
<b>Exemples de projet</b>
<p><b>Maryland Port Authority</b></p> <p>La station d'agriculture expérimentale du Maryland a fait plusieurs recherches sur l'utilisation des sédiments de dragage provenant de la Baie de Chesapeake pour en faire soit des sols fertiles pour soutenir des cultures ou encore pour réhabiliter des sites dégradés. Le plus gros obstacle rencontré a été définitivement la haute teneur en sels et en eau des déblais. En effet, les pipelines utilisés pour déposer les sédiments au sol prennent un gros pourcentage du volume en eau. Aussi, les taux de sulfures mesurés étaient très élevés, ce qui a contribué à l'augmentation de l'acidité du milieu récepteur. La solution proposée par le chercheur, M. Staver, est de déposer temporairement les sédiments dans une cellule de confinement pour laisser l'eau et les sels lessivés et ainsi s'assurer que le lixiviat retourne vers les eaux marines les plus proches. Ensuite, il s'agirait de neutraliser les sédiments puis de les transporter depuis le site de dépôt vers les terres à fertiliser (Staver, 2003).</p>



**Figure 3.7** Photos prises lors du projet expérimental de dépôt des sédiments marins sur des terres, au Maryland. Tirées de Staver (2003, annexe B).

### Port de Gaspé - Sandy Beach en Gaspésie

L'exemple présenté dans la section 3.2.1.2.1, vaut également pour la valorisation des déblais en tant que sols fertiles.

#### Principaux obstacles

- Les sédiments doivent être dépourvus de graines semencières non désirées, donc nettoyés. Trois techniques peuvent être utilisées : le lessivage, le chauffage à hautes températures ou encore l'épandage d'herbicides (Braün, 2006). Ces techniques génèrent inévitablement des coûts supplémentaires non négligeables.
- Les sédiments salés doivent faire l'objet d'un traitement préalable pour en réduire le contenu en eau ainsi qu'en salinité (Braün, 2006 ; Staver, 2003 ; PIANC, 1992).
- Il existe plusieurs méthodes de fertilisation des terres (exemples : fumier, boues municipales, etc.) qui entrent en compétition directe avec cette option de valorisation (Robert, 2008)
- Au même titre que l'utilisation des boues municipales en tant que matières résiduelles fertilisantes (MRF), les déblais doivent « respecter des teneurs limites en contaminants chimiques, en organismes pathogènes et des caractéristiques d'odeurs analogues ou meilleures que celles des engrais de ferme » (MDDEP, 2002).
- Sans s'y limiter, les projets peuvent être assujettis aux outils législatifs suivants :
  - Le Plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) inclus dans le *Règlement sur les exploitations agricoles* (LQE, 1999) ;
  - Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes (Dessau Soprin, 2007a) ;
  - *Règlement relatif à l'application de la LQE* (article 22) (1999) ;
  - Loi fédérale et son *Règlement sur les engrais* (MDDEP, 2002).

#### Principaux avantages

- La fraction fine des sédiments provient essentiellement de l'érosion de terres fertiles et contient habituellement de fortes concentrations de matière organique (PIANC, 1992).
- Les sédiments provenant des milieux marins constitueraient une ressource équivalente aux sédiments fluviaux ou lacustres (Braün, 2006).
- Les sédiments faiblement contaminés en métaux lourds peuvent être amandés (toujours en suivant les recommandations du Guide sur la valorisation des MRF) (Dessau Soprin, 2007a).

### 3.2.1.4 Banc d'emprunt

<b>Problématique</b>
<p>Dans le domaine de la construction et des travaux, la définition d'un banc d'emprunt se lit comme suit : « Sablière ou gravière, généralement de petite taille et facilement accessible, d'où l'on extrait les matériaux meubles servant à la construction » (AQGO, 1995). Dans le domaine de la valorisation des sédiments de dragage, il est possible d'affirmer qu'un banc d'emprunt est une station temporaire où les sédiments sont déposés par les uns et sont extraits par d'autres. Ce principe assure, dans un premier temps, le déchargement des déblais et la réduction de la présence de sels et, dans un second temps, permet un certain délai entre le moment où le dragage s'effectue et le moment où les différents acteurs ont besoins des matériaux.</p>
<b>Éléments techniques à prendre en compte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La présence de nappes d'eau souterraine peut être problématique pour la lixiviation des sels. Des mesures doivent être prises pour diriger le ruissellement et la percolation vers le milieu marin.</li><li>• L'acquisition de terrains pourrait être nécessaire (TPSGC, 2007b).</li></ul>
<b>Exemple de projet</b>
<p><b>Dragage d'entretien du havre de Pointe-aux-Loups et Old-Harry, Îles-de-la-Madeleine</b></p> <p>L'exemple présenté dans la section 3.2.1.2.2, est un cas où un banc d'emprunt est utilisé. Il est situé dans une carrière d'Old-Harry, aux Îles-de-la-Madeleine.</p>
<b>Principaux obstacles</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Afin de s'assurer que les déblais resteront sur place pour une durée limitée, il est préférable de signer des ententes avec les parties désirant utiliser la ressource. De telles négociations peuvent engendrer des délais supplémentaires (CBJ Environnement Inc., 2006).</li><li>• Dépendamment de l'aménagement autour des monticules de sédiments, il se peut que le paysage soit modifié par de tels dépôts.</li><li>• Sans s'y limiter, les projets peuvent être assujettis aux règlements suivants :<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains</i> (LQE, 1999) ;</li><li>• <i>Règlement sur le stockage et les centres de transfert de sols contaminés</i> (LQE, 1999);</li><li>• <i>Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement</i> (Dessau Soprin, 2007a ; LQE, 1999).</li></ul></li></ul>
<b>Principaux avantages</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Si le site est à proximité des côtes, la gestion des eaux salées excédentaires peut se faire de manière à ce que l'eau se rende en direction du plan d'eau d'où elle provient (Laberge, 2008).</li><li>• Le site choisi peut être très près du lieu de dragage.</li><li>• Permet de scinder la responsabilité de la tâche entre le dragueur et les acteurs qui utiliseront les déblais, ce qui est un bon compromis.</li></ul>

### **3.2.2 Valorisation en milieu aquatique et en berge**

Les options de valorisation en milieu aquatique et en berge les plus susceptibles d'être mises en application à l'heure actuelle au Québec sont essentiellement celles qui contribuent, en tout ou en partie, à la lutte contre l'érosion des berges.

Il importe de mentionner que toute forme de dépôt en mer ou en berge est moins problématique en ce qui concerne la contamination par le sel étant donné que les caractéristiques physico-chimiques des déblais sont sensiblement les mêmes que celles du milieu récepteur, et ce, toujours selon la prémisse de base que les déblais ne démontrent aucun autre type de contamination. Néanmoins, ces options doivent être considérées ou à tout le moins connues afin de juger quel choix est optimal dans une optique de développement durable.

#### **3.2.2.1 Stabilisation des berges**

Les déblais de dragage peuvent donc être utilisés dans le but de stabiliser les berges. Toutefois, les sous-objectifs associés sont également très importants. Ce type de valorisation pourrait, effectivement, contribuer à créer ou restaurer des habitats tels que des milieux humides ou encore redonner l'usage de certaines rives aux populations locales et touristiques par le biais de la recharge de plage ou d'aménagement de parc de sédimentation.

### 3.2.2.1.1 La création et la restauration de milieux humides

<b>Problématique</b>
<p>Les marais sont des milieux sensibles et leur destruction est une problématique environnementale actuelle au Québec (Braün, 2006). Certains de ces milieux sont alimentés d'eau douce, mais les milieux qui sont de plus grands intérêts pour ce document sont nécessairement ceux influencés par les marées d'eau salée ; ce sont les marais salants. Ces milieux bien connus pour la riche biodiversité qu'ils abritent contribuent également à améliorer la stabilité des côtes (Braün, 2006).</p>
<b>Éléments techniques à prendre en compte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La valorisation des déblais par le biais de ces milieux ne signifie pas de convertir les marais en site de dépôt, mais bien d'utiliser les matériaux pour aider à la restauration de ces derniers afin d'en faire bénéficier les écosystèmes dégradés (USEPA and USACE, 2006 ; USEPA and USACE, 2004).</li><li>• Il faut préalablement bien connaître, comprendre ou caractériser le milieu. Il faut prendre en compte la modification des substrats, les changements dans la circulation et les patrons de sédimentation (USEPA and USACE, 2004).</li><li>• Ce sont les particules fines, c'est-à-dire les silts, les argiles et les boues, qui sont généralement utilisées pour la restauration de ce type de milieu car ils ont une teneur élevée en matière organique (Braün, 2006).</li><li>• De manière générale, il existe des marais salants à plusieurs endroits le long des côtes. Voici une liste non exhaustive de quelques-uns de ces marais retrouvés au Québec :<ul style="list-style-type: none"><li>• Embouchure de la rivière Bonaventure, Baie-des-Chaleurs, Gaspésie ;</li><li>• Gros-Cacouna ;</li><li>• Îles-de-la-Madeleine ;</li><li>• Embouchure de la Rivière du Loup;</li><li>• Bordure de la Haute Côte-Nord, la baie des Sept-Îles, Anticosti.</li></ul></li></ul>
<b>Exemples de projet</b>
<p><b>Lac Ontario</b></p> <p>Plusieurs projets de la sorte ont été réalisés par les agences américaines, tant au niveau de la création que de la restauration de milieux humides (USEPA and USACE, 2006). Par exemple, des sédiments ont été utilisés dans le lac Ontario pour créer un milieu humide délimité dans un endiguement. La végétation, quoi qu'elle aurait pu être ensemencée, a été colonisée de manière naturelle, c'est-à-dire au fil du temps. Fait intéressant, ce site avait été conçu pour assurer le dépôt lors des multiples dragages d'entretien. Cependant, après un cycle de maintenance, les autorités ont dû construire un nouvel endiguement à cause de l'utilisation intense du marais par la faune sauvage et surtout avienne (USEPA and USACE, 2006).</p> <p><b>Gros-Cacouna, Québec</b></p> <p>Lors des travaux d'aménagement du port de mer de Gros-Cacouna par Transport Canada, dans les années 1970, deux bassins avaient été creusés dans le but d'y déposer les sédiments. Aujourd'hui, un de ces deux bassins est connu sous le nom de « marais de Gros-Cacouna » (Dessau Soprin, 2007b). Ce site est maintenant prisé de tous les ornithologues depuis que quelques aménagements y ont été faits. En effet, plusieurs espèces d'oiseaux à statut précaire y séjournent et le marais est un lieu qui est devenu cher aux gens de la région (Cacouna.Qc, 2000).</p>



**Figure 3.8** Carte du site portuaire de Cacouna telle que schématisée par Transport Canada (gauche) parallèlement à la carte des ornithologues amateurs (droite). Tirées de Dessau Soprin (2007b, p.3) et Cacouna.Qc (2000).


### Principaux obstacles

- Les espèces qui colonisent déjà le marais pourraient subir des effets irréversibles par l'enfouissement de la faune et la flore, par la modification des variations naturelles du niveau de l'eau (Dessau Soprin, 2007a) ou encore dû à l'empiètement de la machinerie.
- Les marais salants étant la plupart du temps retrouvés dans des zones de moyenne ou haute énergie (courants, vagues et glaces), il importe de concevoir des brise-vagues ou des digues afin de s'assurer que les sédiments nouvellement déposés tiendront en place (Dessau Soprin, 2007a ; Landlin, 1996).
- En bordure de mer, les sites de dépôts sont souvent submergés dû aux variations de la marée. Ainsi, la période de mise en dépôt et les moyens techniques utilisés sont tributaires de cette variation (Dessau Soprin, 2007a).
- Les marais restaurés sur un lit de sédiments dragués devront être conçus et construits à une élévation précise afin de s'assurer que les communautés de plantes qui y pousseront seront celles désirées (Landlin, 1996).
- Possibilité de conflit d'usage avec les activités humaines ou possibilité de résistance de la part de la population, les milieux humides étant une corde sensible pour plusieurs.
- Les coûts engendrés sont reliés à la structure de protection (brise-vagues ou digues) ; au traitement de l'eau s'il y a assèchement des sédiments pour créer une structure de protection ainsi qu'à la manipulation des sédiments :
  - Près des travaux de dragage, l'aide du dragage hydraulique → coûts relativement peu élevés
  - À l'aide de dragues mécaniques qui nécessitent plusieurs manipulations → coûts plus importants (il faut considérer la complexité et le temps supplémentaire nécessaire) (Dessau Soprin, 2007a).
- Sans s'y limiter, les projets peuvent être assujettis aux règlements suivants :
  - *Règlement relatif à l'application de la LQE (article 22) (1999);*
  - *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (LQE, 1999).*

### Principaux avantages

- Association possible avec divers organismes tels que Canards Illimités Canada ou Conservation de la nature.
- Possibilité d'aménagement au profit des populations locales (passerelles, aires de détente et d'observation).
- Génération d'habitats pour la flore ainsi que la faune terrestre, aquatique et avienne.
- Création ou restauration de milieux filtrants qui assainissent naturellement l'eau qui y séjourne.
- Harmonisation de l'aspect visuel du dépôt en berge avec le milieu environnant.
- Le transport et le dépôt sont efficaces en termes de coûts (GLC, 2001).

### 3.2.2.1.2 Recharge de plage et parc de sédimentation

<b>Problématique</b>
<p>L'érosion des côtes représente un problème universel majeur en bordure des océans et des estuaires, tant sur le plan socio-économique qu'environnemental. Naturellement, ces rives sont érodées par les vagues, les courants et les marées. Depuis quelques années, il faut également prendre en considération l'élévation du niveau de la mer qui participe également à ce phénomène. De plus, les nombreux aménagements urbains, l'hyper fréquentation des plages durant l'été et les passages routiers ne sont que quelques facteurs qui contribuent à fragiliser les berges (Braün, 2006; USEPA and USACE, 2004). De ce fait, il appert que plusieurs plages s'érodent de plus en plus et engendrent deux problématiques, soit une diminution de la fréquentation ou encore un danger potentiel pour les routes qui longent ces plages (CBJ Environnement Inc., 2006; GLDD, 2002) et c'est la raison pour laquelle la recharge de plage à l'aide de sédiments issus des travaux de dragage est une option déjà beaucoup utilisée aux États-Unis et parfois envisagée au Québec (CBJ Environnement Inc., 2006; USEPA and USACE, 2004). De son côté, le parc de sédimentation vise à piéger les sédiments qui normalement s'accumulent dans les chenaux de navigation pour stabiliser les berges (Braün, 2006).</p>
<b>Éléments techniques à prendre en compte</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La recharge de plage est assurée par de l'équipement mécanique (camions et pelles) ou à l'aide de pipelines hydrauliques (Braün, 2006, USEPA and USACE, 2004).</li><li>• La granulométrie généralement utilisée est plutôt grossière, c'est-à-dire que ce sont les graviers et les sables qui sont les plus recherchés (Braün, 2006).</li><li>• L'utilisation de matériaux qui s'apparentent à ceux retrouvés sur la plage visée, est également favorisée. La proximité du site de dragage est donc recommandée (Braün, 2006).</li><li>• Pour réaliser un parc de sédimentation, il faut aménager « un système d'épis et de digues généralement permanents » dans le but de former une trappe à sédiments (Braün, 2006).</li><li>• La granulométrie peut être de dimensions variables pour ce qui est des parcs de sédimentation, dans la mesure où elle s'apparente avec celle retrouvée dans le milieu récepteur (Braün, 2006).</li></ul>
<b>Exemples de projet</b>
<p><b>Recharge de plage - Cap-Aux-Meules - Îles-de-la-Madeleine</b></p> <p>« Transport Québec a dû recharger d'urgence la plage de La Martinique, sur une distance de 100 m, pour éviter que la route 199 ne soit ensevelie par la mer lors d'une prochaine tempête. Au lendemain de la première tempête de la saison, la semaine dernière, on a constaté qu'il ne restait plus qu'une protection de deux mètres de dune. [...] La recharge de plage, effectuée cette semaine dans le secteur, n'est que temporaire [...]. La recharge de plage à grande échelle, comme alternative à l'empierrement pour protéger les berges, commande des études approfondies. [...] Le sable utilisé pour la recharge temporaire de la plage de La Martinique provient du dragage du port de Pointe-aux-Loups. Transport Québec en a utilisé environ 2000 m<sup>3</sup>. En comparaison, on évalue à 100 000 m<sup>3</sup> le volume de sédiments de dragage du chenal de Mines Seleine pouvant être revalorisés » (La Presse Canadienne, 2007).</p> 

**Figure 3.9** Plage de la Martinique aux abords de la route 199. Tirée de CBJ Environnement Inc. (2006, p.94).

### Parc de sédimentation - Rivière-du-Loup

Le marais intertidal de Rivière-du-Loup est rudement touché par l'érosion littorale depuis déjà plusieurs années. Des études ont établi que le recul du talus était en moyenne de 3,5 m par année (Lehoux, 2005). Pour remédier à la situation qui engendre la perte d'habitats du marais et qui menace une portion de l'autoroute 20, des études et des projets pilotes ont démontré que l'aménagement d'un parc de sédimentation pourrait être une solution réalisable et durable. « L'utilisation des matériaux dragués annuellement au quai de Rivière-du-Loup (environ 50 000 m<sup>3</sup>) est envisagée dans le cadre d'un tel projet » (Braün, 2006).

#### Principaux obstacles

- Les éléments sensibles du milieu peuvent être sérieusement affectés par la machinerie et le débit d'arrivée des boues, lors d'une recharge de plage (GLDD, 2002).



**Figure 3.10** Recharge de plage à San Diego, aux Etats-Unis. Tirée de GLDD (2002, p.6)

- Une fois les travaux de recharge complétés, l'habitat peut être modifié, et ce, sans compter les modifications possibles du régime sédimentaire naturel.
- L'aménagement d'un parc de sédimentation peut se faire dans des endroits difficiles d'accès (Lehoux, 2005).
- Un parc de sédimentation peut être sensible à l'énergie des vagues, des courants et des glaces (Lehoux, 2005).
- Coûts onéreux : 100 000 \$ - 200 000 \$ (cas de Rivière-du-Loup) (Lehoux, 2005).
- Les technologies pour les parcs de sédimentation sont difficiles à utiliser au Québec (Lehoux, 2005).
- La période des travaux peut être restrictive étant donné que les zones peuvent être exondées (Dessau Soprin, 2007a).
- Sans s'y limiter, les projets peuvent être assujettis aux lois et règlements suivants :
  - Provincial : *Loi sur la qualité de l'environnement ; Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune ; Loi sur les espèces en péril ; Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables ;*
  - Fédéral : *Loi sur la protection des eaux navigables ; Loi sur la faune du Canada ; Loi sur la conservation concernant les oiseaux migrateurs ; Loi sur les pêches* (Dessau Soprin, 2007a).

#### Principaux avantages

- De tels aménagements peuvent contribuer à conserver les usages humains retrouvés en littoral (tourisme, route, habitations, etc.).
- Les déblais n'ont pas nécessairement besoin d'être désalinisés ou desséchés car ils se retrouvent en berge.
- L'érosion des berges peut être ralentie, du moins, à court ou moyen terme.

## **4 IMPACTS POTENTIELS SUR L'ENVIRONNEMENT DE LA GESTION DES DÉBLAIS EN MILIEU TERRESTRE ET DE LA VALORISATION EN MILIEU AQUATIQUE**

La présente section a pour but de démontrer les impacts potentiels sur l'environnement que pourraient engendrer la gestion de sédiments en milieu terrestre et la valorisation en milieu aquatique, les impacts concernant l'immersion en mer étant déjà bien connus et documentés, ne feront pas l'objet d'une évaluation dans le présent travail.

Tout type d'intervention humaine dans le milieu naturel, même lorsqu'il s'agit d'une valorisation visant un certain gain environnemental, implique nécessairement des impacts qui doivent être pris en considération. En premier lieu, il sera question des impacts relatifs à la manipulation, au transport et au dépôt des déblais. Ces impacts sont associés autant à la gestion en milieu terrestre qu'à la valorisation en milieu aquatique. En second lieu, il sera question des impacts générés par la salinité des sédiments marins. Ces impacts sont essentiellement générés lors de l'élimination et de la valorisation en milieu terrestre, les impacts de la salinité en milieu aquatique n'étant pas observés. Finalement, les mesures d'atténuation existantes pour limiter les impacts de la salinité seront détaillées.

### **4.1 Impacts potentiels de la manipulation, du transport et du dépôt des déblais**

Il est reconnu qu'une hausse du transport et de la manipulation des sédiments est occasionnée par l'élimination et la valorisation en milieu terrestre en comparaison avec l'immersion en mer. En effet, l'immersion en mer n'implique généralement que deux manipulations soit le chargement et le dépôt en mer, (Provencher, 2008) alors que le remplissage de sites miniers, par exemple, peut demander jusqu'à huit manipulations (COAST and PDEP, 2006). De plus, chaque manipulation est entrecoupée de transport de plus longue durée et implique plus de machineries lourdes. Également, le fait de déposer d'importants volumes de sédiments sur terre n'est certainement pas sans conséquences. Pour ces raisons, il importe de soulever les impacts biologiques, humains et économiques associés à la manipulation, au transport et au dépôt des déblais en milieu terrestre.

#### 4.1.1 Impacts sur le milieu biologique

D'abord, les nombreuses manipulations ainsi que le transport peuvent engendrer un climat sonore qui est susceptible d'effrayer la faune du milieu environnant et du milieu récepteur (Dessau Soprin, 2007b). Les consultants Jacques Bérubé soulignent cependant que

« les oiseaux paraissent s'habituer très rapidement à la présence des équipements utilisés [...], au va-et-vient des navires ou des barges ainsi qu'au bruit continu généré par les pompes ou les moteurs des équipements » (EC, 1994).

Ensuite, l'empiètement par la machinerie ou par les déblais eux-mêmes, lors des manipulations, du transport comme du dépôt, est une source de stress pour le milieu faunique et floristique récepteur. Généralement ces impacts sont jugés peu importants lorsqu'il est question d'élimination dans des endroits prévus à cet effet ou encore de valorisation dans des sites déjà très perturbés (ex : cellule de confinement, sites d'enfouissement, anciennes mines, etc.). Toutefois, lorsqu'il est question de restauration de milieux qui sont à priori classés comme étant sensibles, les impacts peuvent être d'une importance supérieure si des mesures d'atténuation ne sont pas mises en application.

Aussi, la faune, la flore ainsi que la qualité des milieux aquatiques peuvent être altérées lorsqu'il est question du dépôt. D'une part, « un apport de particules fines dans les cours d'eau par lessivage des sédiments pourrait avoir des effets néfastes sur l'habitat du poisson » (Dessau Soprin, 2007a). (Plus de renseignements concernant les impacts sur le milieu aquatique et l'eau potable seront mentionnés dans la section 4.2.2). D'autre part, quoique les impacts soient souvent qualifiés comme étant ponctuels dans l'espace et dans le temps, il demeure que, au même titre que les dépôts en mer, les espèces se trouvant au lieu du dépôt suffoqueront lors de la décharge (EC, 1994).

Finalement, chaque projet de valorisation engendre des impacts positifs spécifiques en ce qui a trait au milieu biologique. Tout projet stimulant la végétation, une fois à terme, favorisera tantôt la productivité tantôt la biodiversité, tout en assurant un gain au niveau de la prévention de l'érosion et de la lixiviation. Également, tout projet de restauration ou de création d'habitat mènera inévitablement à l'établissement ou au rétablissement d'une diversité faunique et floristique essentielle.

#### 4.1.2 Impacts sur le milieu humain

L'impact négatif le plus important, en ce qui a trait au milieu humain, est principalement l'augmentation du transport routier et maritime. Les sites de mise en dépôt en milieu terrestre ou de valorisation sont, de manière générale, situés à une plus grande distance du site de dragage que les sites d'immersion en mer. Les sites d'immersion se trouvent, en moyenne, à une distance de 3 kilomètres (km) des sites de dragages (Marchand, 2008). De ce fait, toute option d'élimination en milieu terrestre ou de valorisation est susceptible d'entraîner soit une augmentation de la distance à parcourir en bateau, soit une augmentation du nombre de camions sur les routes (tableau 4.1).

**Tableau 4.1** Distances du site de dragage, reliées à quelques variantes évaluées par Mines Seleine. Adapté de CBJ Environnement Inc. (2006, p.89-98).

Options de gestion	Distance navigable (km)
Immersion en mer	Un peu plus de 5
Recharge de plage 1	45
Recharge de plage 2	38
Banc d'emprunt 1	16
Banc d'emprunt 2	8 à 10

L'augmentation du transport peut avoir des répercussions sur la qualité de l'air et ce, autant de manière locale que globale. Localement, davantage de poussières ou de particules fines peuvent être mises en suspension dans l'air à cause des déplacements plus longs ou plus nombreux (IRDA Environnement, 2006). Globalement, une augmentation de la distance de transport des sédiments génère, de par une consommation de carburants fossiles accrue, davantage d'émissions de polluants atmosphériques (tels que des COV, NO<sub>x</sub>, HAP, SO<sub>x</sub> ou encore des CO) ainsi que de gaz à effets de serre (CO<sub>2eq</sub>) (EC, 2006 ; Olivier, 2003).

L'utilisation de plus de transport pourrait également engendrer certains problèmes de circulation routière ou maritime au même titre qu'une augmentation potentielle des risques d'accidents (BAPE, 2007). Évidemment, l'importance des impacts associés dépend, entre autres, de l'augmentation de la circulation par rapport à la situation habituelle, des moyens de déplacement généralement utilisés dans les alentours (piétons, cyclistes, voiliers, embarcations de plaisance, etc.) ainsi que de la structure et des dimensions des voies de circulation qui supportent ce trafic

supplémentaire (IRDA Environnement, 2006). Aussi, la détérioration du climat sonore des résidents ne doit pas être négligée dans la considération des impacts (Dessau Soprin, 2007b ; BAPE, 2007). À titre d'exemple, le bruit généré lors des travaux relié à la restauration d'un marais pourrait perturber les activités d'observation de la faune (Dessau Soprin, 2007b).

Les impacts potentiels négatifs sur le milieu humain peuvent être causés non seulement par l'augmentation du transport mais également par les opérations de dépôt. D'une part, le dépôt de déblais saturés en eau risque de causer de mauvaises odeurs dans l'entourage immédiat du site si des mesures d'atténuation ne sont pas mises en place (Dessau Soprin, 2007a). D'autre part, un dépôt temporaire (ex : un banc d'emprunt) ou encore toutes opérations transitoires pourraient influencer sur le paysage et ainsi représenter un impact non négligeable pour la population locale et ce, surtout en milieu touristique.

L'autre obstacle de la gestion des sédiments en milieu terrestre ou à la valorisation aquatique est le fait que déjà beaucoup de projets ont été faits à l'extérieur de la province de même qu'à l'international et les coûts associés étaient souvent très importants (Detzner and Knies, 2004 ; USEPA and USACE, 2006).

« Les coûts associés à l'utilisation de sédiments dragués en milieu terrestre incluent l'extraction des sédiments, la localisation et la préparation d'un site de prétraitement [...] et d'entreposage [au besoin], un mode de gestion des quantités reçues ainsi que le transport des sédiments entre le site d'extraction, de prétraitement et entre ce dernier et le site de dépôt final » (Dessau Soprin, 2007a).

Toutefois, pour certains projets le dépôt terrestre ou la valorisation en milieu aquatique est l'option la plus avantageuse sur le plan économique. En effet, en 2007, TPSGC (2007b) a réalisé une évaluation environnementale préalable qui regroupait neuf petits projets de dragage, tous situés dans des ports pour petits bateaux, à l'Île-du-Prince-Édouard. Le but de cette évaluation était d'anticiper l'utilisation de neuf sites de dépôt en milieu terrestre. L'équipe en charge de ce projet arrive donc à la conclusion que l'élimination terrestre de déblais est l'option optimale car :

- Les coûts relatifs d'utilisation de dragues suceuses utilisées pour l'immersion en mer sont très importants lorsque les volumes dragués sont petits ;
- Un grand nombre de sites ont besoin d'être dragués de façon récurrente durant la même période de temps et que la disponibilité des dragues suceuses sur l'île est limitée, et ;

- Les déblais situés dans les ports pour petits bateaux ciblés dans l'étude, sont considérés comme faisant partie des sédiments les plus susceptibles d'être valorisés étant donné qu'ils ne sont pas contaminés (TPSGC, 2007b).

De plus, l'élimination terrestre permet d'éviter certaines contraintes environnementales causées par l'immersion en mer. De façon générale, elle empêche l'« augmentation locale de la concentration de matières en suspension » causée lors de l'immersion, en plus d'éviter la perturbation à court ou moyen terme « des éléments sensibles du milieu » (CSL, 1992). Finalement, les coûts de 2 500 \$ liés à l'obtention d'un permis d'immersion en mer sont évités au même titre que les délais qui y sont associés, sachant qu'un seul permis d'immersion en mer par année et par projet est octroyé par EC (St-Laurent, 2008).

De surcroît, lorsque les travaux de valorisation sont bien planifiés et réalisés, la population locale peut en bénéficier que ce soit par la prévention de l'érosion lors de restauration de milieux dunaires, par la mise en valeur du paysage lors du remblaiement ou du recouvrement de sites dégradés, par la découverte de milieux naturels lors d'aménagement de milieux humides ou encore par l'accès aux plages à proximité (USEPA and USACE, 2004). Finalement, certains projets peuvent raviver le tourisme dans la région concernée, d'autres peuvent stimuler de nouveaux marchés en créant une offre de matériaux (Detzner and Knies, 2004).

#### **4.2 Impacts potentiels de la salinité des déblais sur l'environnement**

L'augmentation de la salinité a pour effet d'accroître la présence d'ions chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), d'ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) et d'ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dans l'environnement puisque leur proportion est importante dans une solution d'eau de mer (Alberta Environnement, 2001; USAEWES, 1978). À titre d'exemple, l'eau de mer contient en moyenne une concentration de chlorure de 20 000 mg/L (TPSGC, 2007a). Des concentrations aussi élevées retrouvées dans l'eau contenue dans les déblais, si ces derniers sont déposés en quantité relative importante par rapport aux sols meubles sous-jacents, peuvent donc potentiellement avoir des impacts sur le sol, la végétation ainsi que la qualité de l'eau. C'est, en effet, la principale raison pour laquelle, la plupart des options de valorisation en milieu terrestre ne sont possibles que si les sédiments ont été préalablement desséchés et/ou désalinisés. Il est à noter que pour une meilleure compréhension de la problématique, plus de renseignements sur la salinité des sols et de l'eau sont retrouvés en annexe 2.

#### 4.2.1 Impacts sur le milieu biologique

Toutes les eaux naturelles contiennent une certaine quantité de sels dissous. Les sols ont donc tous un certain niveau de salinité. La salinité devient problématique lorsque les sels s'accumulent au point de causer une réduction de croissance chez les plantes indigènes à ce sol. En effet, un apport supplémentaire significatif d'ions chargés positivement ( $\text{Na}^+$ ) et négativement ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) pénètrent dans le sol ainsi que les pores du sol. Plus particulièrement, le sodium se mélange à la solution de sol et prend la place de d'autres ions aux sites d'échanges cationiques alors que les ions chlorures et sulfates ne sont pas adsorbés à ces mêmes sites et sont donc plus facilement lessivés (Alberta Environnement, 2001).

De fait, les propriétés physiques d'un sol peuvent être perturbées par un surplus de sodium. Une fois que les ions sodiques ont délogé les cations qui étaient présents dans un sol, ces derniers peuvent être considérés comme un contaminant. En effet, les sols sodiques perdent leur perméabilité et leur structure. Par exemple, le surplus de sodium peut causer la dispersion des particules d'argile et éventuellement former une croûte de cimentation à la surface du sol. Cette croûte réduit considérablement l'infiltration d'eau et donc augmente le ruissellement et finalement diminue la capacité du sol à fournir un milieu de croissance adéquat pour les végétaux (Alberta Environnement, 2001).

La plupart du temps, c'est sur la végétation que le premier impact environnemental est observé lorsqu'il y a une augmentation de la salinité dans un milieu. Les sols salins limitent généralement la croissance de la flore par la modification de la pression osmotique des eaux souterraines. Les plantes ne peuvent plus retirer qu'une quantité moindre d'eau du sol à cause de cette pression osmotique du sol à la hausse (Alberta Environnement, 2001). Dans la même optique, une forte concentration de sulfates peut occasionner une augmentation de l'acidité du sol et de l'eau. Cela a pour conséquence d'empêcher certaines espèces de plantes de s'établir sans compter le fait que des métaux déjà présents dans le sol peuvent alors devenir disponibles (Staver, 2003). De plus, le surplus d'ions présents dans le sol, donc la modification des ratios, peut interrompre les processus métaboliques et nutritionnels de la plante. En effet, la plante peut se retrouver en carence d'un ou des éléments essentiels si les ratios sont trop modifiés. Finalement, les chlorures, tout comme le sodium, peuvent devenir toxiques pour certaines espèces végétales telles que les céréales (Alberta Environnement, 2001). Toutefois, certaines

plantes sont plus tolérantes à la salinité et peuvent devenir des indicateurs de la présence d'un sol salin.

#### 4.2.2 Impacts sur le milieu humain

Tous les types de largages de sels dans l'environnement peuvent affecter la qualité de l'eau potable, des écosystèmes aquatiques d'eau douce, de l'eau utilisée pour irriguer les champs agricoles, pour élever le bétail et à des fins récréatives et industrielles (Alberta Environnement, 2001). En fait, l'impact sur la qualité de l'eau dépend implicitement de la concentration à laquelle le sel est rejeté dans l'environnement (tableau 4.2).

**Tableau 4.2** Exemple de limites d'utilisation de l'eau : concentration des chlorures. Modifié de Buddemeier *et al.*(p.2)

Cl (mg/L)	Limite de l'utilisation de l'eau
<70	Généralement sécuritaire pour tout type d'usage
70-140	Plantes sensibles montrent généralement des lésions légères à modérées
250	Norme de qualité de l'eau potable
140-350	Plantes tolérantes montrent généralement des lésions légères à substantielles
350	Peut affecter considérablement plusieurs types de cultures
500	Généralement inutilisable pour l'irrigation
1500	Eau pauvre pour la volaille
2200	Eau pauvre pour l'élevage de bétail
3000	Inutilisable pour la plupart des usages domestiques ou agricoles

À une concentration de 250 mg/L, les chlorures détériorent surtout la qualité organoleptique de l'eau et peuvent rendre l'eau des puits impropres à la consommation. À titre d'exemple, les puits à proximité de l'autoroute 55, qui traverse la Ville de Trois-Rivières, ont été contaminés par des sels de voirie. Également, les chlorures peuvent rendre les eaux de surface impropres au maintien d'une biodiversité aquatique généreuse. Effectivement, la salinisation progressive du Lac à la Truite, le long de l'autoroute des Laurentides est un autre exemple de cas observé. Finalement, en Alsace, « le cas des terrils de potasse est typique d'une importante salinisation qui menaçait de faire périr des écosystèmes complets » en plus de rendre l'eau non potable (OLIVIER, 2008 ; FEDER, 2004). En ce qui concerne l'ion sulfate, Santé Canada (2008b) souligne qu'il est un des anions les moins toxiques pour l'humain. Toutefois, il est reconnu que « le seuil gustatif des sulfates les plus communs » se situe, en moyenne, à 350 mg/L.

De plus, une importante salinité de l'eau peut contribuer à la détérioration des conduites d'eau domestiques, municipales et industrielles (Buddemeier *et al.*). En effet, la présence de sulfates ou des concentrations de chlorure supérieures à 250 mg/L dans l'eau, peut provoquer la corrosion de certaines conduites du système de distribution (Santé Canada, 2008b ; Terry, 1974). Toutefois, peu de recherches ont été faites à ce sujet.

Finalement, il va de soi qu'une contamination des eaux souterraines implique non seulement des coûts liés à l'environnement affecté mais également d'importants coûts pour le traitement de l'eau afin qu'elle retrouve son état initial, soit l'état dit potable. À titre d'illustration, le traitement des terrils alsaciens pour réduire la quantité de sel infiltrée dans la nappe phréatique est un projet échelonné sur 7 ans (2000-2007), qui a été estimé en 2004 à 1 200 000 € (FEDER, 2004).

### **4.3 Mesures d'atténuation des impacts de la salinité**

Les dommages environnementaux potentiels que peuvent causer des dépôts massifs et/ou récurrents de déblais salés de dragage sur la terre sont maintenant connus et ciblés. Toutefois, peu de cas de contamination de ce type sont encore documentés au Canada. Par simple principe de précaution et afin que le dépôt terrestre devienne une option de gestion envisagée des déblais au Québec, certaines mesures d'atténuation pourraient être appliquées de manière à ce que ce type de travaux ait le moins d'impacts possibles sur l'environnement. Ces mesures peuvent être simples lorsque, par exemple, il s'agit de choisir le meilleur site possible de dépôt, mais peuvent également être plus complexes et élaborées comme dans le cas où des structures de confinement (*Confined disposal facility* (CDF)) ou de récupération des lixiviats salés sont nécessaires à l'atteinte d'une teneur en salinité acceptable.

#### **4.3.1 Choix du site**

Au Nouveau-Brunswick, une ligne directrice « pour l'emplacement et l'exploitation d'un lieu d'élimination sécuritaire des déblais de dragage sur la terre » a été établie en 2001. Le promoteur doit obtenir l'équivalent d'un CA par le ministre de l'Environnement de la province pour tous projets impliquant une élimination terrestre des sédiments de dragage au-dessus de la limite des hautes eaux (Nouveau-Brunswick, 2001).

La ligne directrice stipule que tous les lieux d'élimination envisagés par les promoteurs doivent répondre minimalement aux critères de localisation retrouvés dans le tableau 4.3 suivant, afin de prévenir la contamination de l'environnement par le sel présent dans les sédiments.

**Tableau 4.3** Distances minimales de retrait d'un site de dépôt de sédiments marins. Tiré de Nouveau-Brunswick (2001, p.1).

Éléments valorisés	Distance (m)
Puits d'approvisionnement en eau en amont	300
Résidence voisine	300
Cours d'eau douce	30
Marais ou milieu humide	30
Limite foncière	30 (à moins d'avoir obtenu le consentement du propriétaire)

La directive spécifie qu'il se pourrait que ces distances ne soient pas systématiquement obligatoires si des mesures d'atténuation acceptables sont mises en place. De plus, elle ajoute que le promoteur devra prévenir l'érosion ainsi que le ruissellement. Par exemple, un an après l'élimination terrestre, le promoteur devra « niveler les déblais de dragage pour favoriser un drainage positif et établir une couverture de végétation afin de réduire l'érosion » (Nouveau-Brunswick, 2001).

Cette ligne directrice est compatible avec les mesures que le MDDEP pourrait exiger. Elle devrait donc être considérée lors l'évaluation de l'option de gestion de déblais en milieu terrestre.

Aussi, mentionnons que TPSGC, en collaboration avec le ministère de l'Environnement de l'Île-du-Prince-Édouard, jugent que la mesure d'atténuation appropriée pour éviter les impacts négatifs de la contamination de l'eau par le sel est de situer le dépôt à une altitude inférieure à celle où les puits d'alimentation en eau potable sont installés (TPSGC, 2007b). Il faut toutefois considérer que cette mesure n'atténue qu'un seul des impacts et que le sol, et la végétation qu'il soutient, ne seront sans doute pas épargnés, le cas échéant.

### 4.3.2 Mesures d'atténuation techniques

Compte tenu du fait que la salinité normale de l'eau de mer est de 20 000 mg/L et que la teneur en chlorure acceptable pour les eaux douces et/ou potables est de 250 mg/l, il apparaît évident que la dilution naturelle ne suffit pas pour éviter les impacts environnementaux. Outre le choix de l'emplacement du site, il est possible d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement en modifiant certains paramètres. Afin de remédier à cette problématique, TPSGC (2007a), par le biais de ses consultants (GEMTEC, 2006) a évalué quelques solutions et les grandes lignes seront ici abordées.

#### 4.3.2.1 Confinement en digues

D'abord, dans le cas où le site de dépôt est situé à proximité d'un plan d'eau salée ou encore d'une eau souterraine saline, il serait possible de confiner les déblais à l'aide de digues (GEMTEC, 2006). L'objectif est de restreindre l'étalement des sédiments salés à un endroit donné et ainsi circonscrire la contamination potentielle des sols, tout en permettant le ruissellement ou la percolation de l'eau salée. Il importe de mentionner que les déblais eux-mêmes sont imperméables et qu'un aménagement de ces derniers pour promouvoir le ruissellement peut réduire le potentiel de lixiation. Des tuyaux collecteurs pourraient également être installés dans les déblais afin d'accélérer la décantation jusqu'à ce que les critères de concentration de chlorures et de sodium soient atteints. Finalement, GEMTEC (2006) rappelle également que le confinement en digues doit être situé de manière à ce que les marées ne viennent pas recharger les déblais en sels, donc sous le niveau des hautes marées.

Cette méthode pourrait être utilisée lorsque le banc d'emprunt est une option retenue, par exemple, ou encore pour tout type de dépôt se situant près ou sur la berge.

#### 4.3.2.2 Compaction

Ensuite, la seconde option de traitement des sédiments analysée par les consultants GEMTEC (2006) est la compaction. En effet, ces derniers ont exploré l'idée que lorsqu'une charge est appliquée sur les matériaux dragués, l'eau interstitielle peut s'échapper plus rapidement et ainsi être récoltée, tel le principe d'une éponge soumise à la pression.

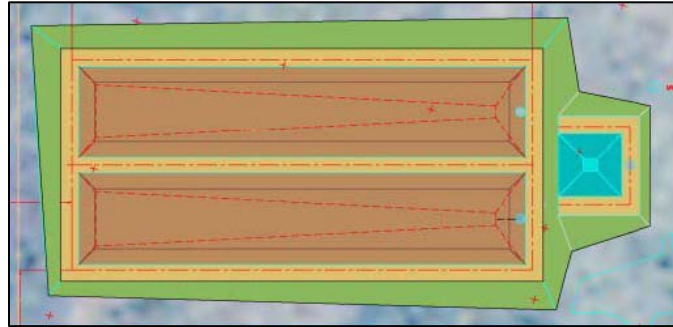
En laboratoire, les résultats ont démontré que 6,5 % de la quantité totale d'eau était perdue lorsque les sédiments étaient soumis à une pression de 18 kilopascal (kPa). À titre de comparaison, sur le terrain, 260 m<sup>3</sup> d'eau seraient extraits d'un volume de 4000 m<sup>3</sup> de déblais alors que le volume total d'eau interstitielle disponible serait de 1200 m<sup>3</sup> (GEMTEC, 2006). En d'autres termes, cette solution demeure d'efficacité limitée lorsqu'elle seule est utilisée (TPSGC, 2007a). Toutefois, la compaction demeure utile pour réduire la siccité des sédiments et ainsi faciliter et optimiser le transport des déblais.

#### 4.3.2.3 Confinement des sédiments et collecte du lixiviat

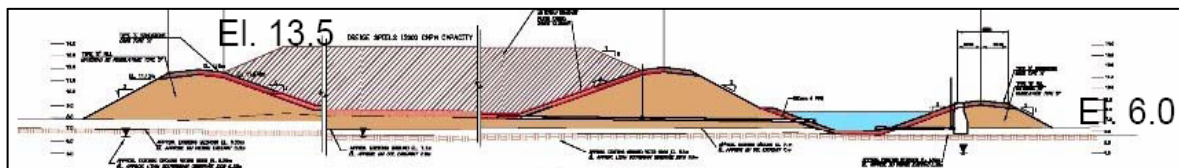
La solution qui a été la plus approfondie par GEMTEC et TPSGC, et qui est mise en pratique depuis déjà quelques années dans plusieurs pays dont l'Allemagne, au port d'Hamburg, est de confiner les sédiments pour en récupérer le lixiviat. Ce type de mesure d'atténuation est généralement utilisé dans le cas où les sédiments sont fraîchement retirés de l'eau et, où le site de dépôt se trouve dans un environnement d'eau douce (GEMTEC, 2006).

Selon les travaux de GEMTEC, une CDF, telle que schématisée sur les figures 4.1, 4.2 ainsi qu'en annexe 3, devrait comprendre :

- Des talus de confinement ;
- Un système de décantation ;
- Un système de collecte des eaux de lixiviation ;
- Un tuyau collecteur, et ;
- Une membrane imperméable (GEMTEC, 2006).



**Figure 4.1** Vue en plan de deux cellules de confinement ainsi qu'un bassin de récupération des eaux de lixiviat. Tirée de TPSGC (2007a, p.29)



**Figure 4.2** Coupe transversale d'une des deux cellules de confinement et d'un bassin de récupération des eaux de lixiviat. Tirée de TPSGC (2007a, p.32)

L'objectif est de déposer les déblais dans une cellule recouverte préalablement d'un matériel imperméable puis de récupérer l'eau interstitielle à l'intérieur d'une autre cellule isolée, à l'aide des tuyaux collecteurs.

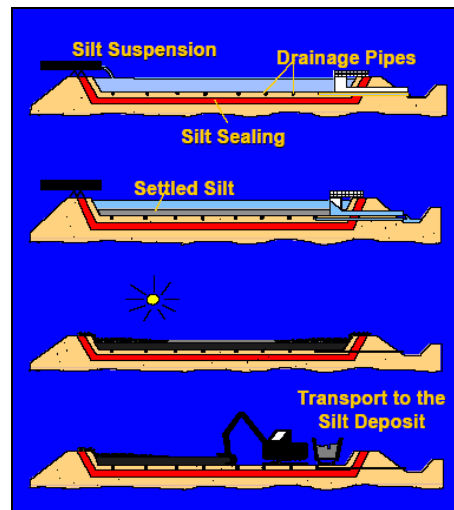
Ces cellules, proposées par GEMTEC (2006), auraient une durée de vie d'environ 25 ans. Chaque cellule pourrait contenir environ 15 000 m<sup>3</sup> pour une capacité totale de 112 000 m<sup>3</sup>. Les coûts totaux de cette mesure sont estimés à plus de 170 000 \$, selon TPSGC (2007a).

En Allemagne, ce système est déjà bien implanté pour 31 cellules de décantation actuellement en fonction près du port d'Hamburg. Elles occupent une superficie totale de 100 hectares (ha) (figure 4.3). Environ 200 000 m<sup>3</sup> de sédiments y sont desséchés *in situ* chaque année (Detzner and Knies, 2004).



**Figure 4.3** Photographie aérienne du terrain d'assèchement qui reçoit les déblais du port d'Hamburg. Tirée de Detzner and Knies (2004, p.3)

Voici brièvement les étapes, schématisée sur la figure 4.4, nécessaires au bon fonctionnement du site en question. Les déblais sont pompés directement sur le site, à l'aide d'une drague coupeuse ou d'une drague porteuse, pour soutirer le plus de matières solides possible. Les cellules sont scellées avec une couche de sédiments fins et sont remplies jusqu'à environ 1,3 m de hauteur. Lorsque les matériaux ont sédimenté, soit au bout de quelques semaines, le surnageant est retiré. Lorsque les sédiments sont séchés en apparence, c'est-à-dire qu'ils présentent des fissures, ces derniers sont déposés en piles. Ensuite, ces piles sont déplacées à quelques reprises afin que l'eau soit plus rapidement évaporée (Detzner and Knies, 2004).



**Figure 4.4** Principes d'opération du terrain d'assèchement qui reçoit les déblais du port d'Hamburg. Tirée de Detzner and Knies (2004, p.4)

Le temps nécessaire à l'assèchement dépend forcément des conditions climatiques. Cela peut donc prendre entre 9 mois et 1 an. Finalement, dépendamment du taux auquel les déblais y sont amenés, les coûts du procédé d'assèchement, présenté ci-haut, sont estimés à 11 €/m<sup>3</sup> (Detzner and Knies, 2004).

#### 4.3.2.4 Traitement du lixiviat

Une fois collectée, l'eau salée doit éventuellement retourner dans l'environnement. Essentiellement, il existe trois méthodes par lesquelles l'eau salée peut être traitée. Il s'agit de l'osmose inverse, de la dilution ainsi que de la collecte et de l'entreposage (GEMTEC, 2006).

#### 4.3.2.4.1 Osmose inverse

L'eau peut être désalinisée à l'aide du principe de l'osmose inverse. Brièvement, il s'agit de séparer deux solutions, la première d'eau salée et la seconde d'eau douce, par une membrane perméable à l'eau. L'objectif est de contrer la tendance naturelle de l'eau douce à se déplacer vers l'eau salée. Pour ce faire, une pression supérieure à la pression osmotique est normalement exercée sur l'eau salée afin de contraindre les molécules d'eau à se déplacer vers la solution d'eau douce (Chevalier, 2005). Toutefois, sachant que cette technologie est très onéreuse, GEMTEC (2006) a préféré investir davantage de temps et de ressources sur d'autres solutions plus accessibles et n'a donc pas analysé cette option.

#### 4.3.2.4.2 Collecte et entreposage

Prenant pour acquis que les seuls contaminants présents seraient les chlorures, le sodium ainsi que les sulfates, le lixiviat peut être récolté dans des bassins, tel qu'illustré à la figure 4.2, puis être pompée à l'intérieur de camions réservoirs qui transportent cette solution vers un site d'entreposage. À titre d'exemple, GEMTEC (2006) estime que pour transporter un volume de 1200 m<sup>3</sup> d'eau interstitielle additionnée à 500 m<sup>3</sup> d'eau provenant des précipitations, cela nécessite environ 45 camions réservoirs ayant une capacité d'un peu moins de moins 40 m<sup>3</sup> chacun.

Cette solution peut être envisagée du moins pour les premiers six mois, selon GEMTEC (2006). Par la suite, il est possible de penser au traitement par dilution.

#### 4.3.2.4.3 Dilution

La dilution avec de l'eau pure peut également être un traitement à considérer. Cependant, TPSGC estime qu'environ 80 m<sup>3</sup> d'eau pure/m<sup>3</sup> d'eau interstitielle sont nécessaires pour atteindre une salinité acceptable (TPSGC, 2007a). Étant donné que les volumes dragués sont importants, TPSGC juge qu'il est techniquement impossible de retenir cette solution (2007a). De plus, il semble illogique d'utiliser cette quantité d'eau propre à la consommation pour tenter d'éviter qu'un autre volume d'eau potable ne soit contaminé.

Ne pas débiter le traitement par la dilution n'implique pas qu'elle ne puisse être envisagée plus tard, lorsque les déblais sont plus âgés. En effet, après six mois les concentrations de chlorure, de sodium et de sulfates diminuent et une quantité d'eau moindre est nécessaire pour atteindre des concentrations acceptables (GEMTEC, 2006). De plus, outre l'eau des précipitations et l'eau ajoutée, l'eau de ruissellement peut être utilisée car les déblais deviennent quasi imperméables. Elle serait très peu ou pas affectée par les sels.

## **5 ANALYSE DES POSSIBILITÉS DE GESTION**

Le portrait de la situation de la gestion des déblais de dragage en milieu marin étant maintenant dressé, il s'agit de souligner les éléments essentiels qui aideront les autorités concernées à prendre une décision éclairée, qui poursuit l'objectif de privilégier un développement durable. Pour ce faire, un bilan analytique sera présenté à l'intérieur de cette section. L'objectif n'est pas nécessairement de trouver la solution idéale, puisque chaque projet est différent et unique en soi, mais plutôt de répondre de la manière la plus objective possible à la question suivante (en lien avec le schéma décisionnel présenté en annexe 1) que le Programme d'immersion en mer d'EC doit se poser lors du traitement de chaque projet suite à la réception de chaque demande de permis :

« Existe-t-il des possibilités de réutiliser, recycler ou traiter les déblais sans risques excessifs pour la santé des êtres humains ou pour l'environnement ou sans frais disproportionnés ? » (EC, 2007b).

### **5.1 Méthodologie et critères d'analyse**

La question présentée ci-dessus peut-être subdivisée en quatre volets, soit la possibilité de valorisation, les risques pour la santé humaine, les risques pour l'environnement ainsi que les coûts. Ces quatre volets deviendront donc, pour les besoins de cette analyse, les critères utilisés. L'objectif est de faire le bilan de chacune des options de gestion des déblais en fonction des résultats obtenus pour chacun des critères. Dans l'éventualité où la réponse à est affirmative aux quatre sous-questions, pour une ou l'autre des options de gestion, un permis d'immersion en mer pourrait tout simplement se voir refuser.

La possibilité de valoriser sera caractérisée par une réponse positive ou négative. Les risques associés à la santé et/ou à l'environnement ainsi que les coûts totaux seront qualifiés en fonction de leur intensité, c'est-à-dire non significative, faible, moyenne ou forte.

- Intensité non significative : les impacts engendrent peu ou pas de modification d'un ou de plusieurs éléments environnementaux ou sociaux (BAPE, 2007). Les coûts engendrés sont peu ou pas différents de l'immersion en mer.
- Intensité faible : les impacts modifient légèrement un ou plusieurs éléments environnementaux ou sociaux et en diminuent peu l'utilisation ou la qualité (BAPE, 2007). Les coûts sont légèrement plus élevés que l'immersion en mer.

- Intensité moyenne : les impacts altèrent un ou plusieurs éléments environnementaux ou sociaux et en réduisent un peu l'utilisation, l'intégrité ou la qualité (BAPE, 2007). Les coûts sont significativement plus élevés que l'immersion en mer.
- Intensité forte : les impacts dénaturent un ou plusieurs éléments environnementaux ou sociaux, remettent en cause leur intégrité ou réduisent fortement l'utilisation ou la qualité (BAPE, 2007). Les coûts sont disproportionnés comparativement à l'immersion en mer.

L'évaluation des options sera basée sur les impacts et les exemples de projets mentionnés dans les sections précédentes de ce document. Il importe toutefois de signaler que plusieurs de ces exemples ont été mis en œuvre ou ont fait l'objet d'études à l'extérieur du Québec. Pour être en mesure de répondre à notre question principale, la situation sera toujours analysée en fonction d'un contexte réaliste québécois. Ceci étant dit, les exemples internationaux serviront tout de même en support à l'argumentation.

Par ailleurs, l'évaluation des différentes options de valorisation s'effectue en fonction d'un système de pointage. Les options de gestion qui obtiendront un pointage cumulatif élevé seront celles qui constitueront les options les plus complètes et qui rivaliseront davantage avec l'option de l'immersion en mer (tableau 5.1).

**Tableau 5.1** Pointage attribué à chaque évaluation

Évaluation	Pointage
Oui	1
Non	0
Intensité non significative	3
Intensité faible	2
Intensité moyenne	1
Intensité forte	0

Évidemment, ce système de pointage est arbitraire. L'important est de constater que les évaluations ayant un pointage de 0 engendrent nécessairement une réponse négative à notre question clé. Une option pourra atteindre un pointage maximal de 10. Le total, ramené en pourcentage, sera considéré comme étant le % de pertinence de l'option.

## 5.2 Bilan analytique

Options de gestion	Possibilité de valoriser	Pointage	Intensité des risques pour la santé humaine	Pointage	Intensité des risques pour l'environnement	Pointage	Intensité des coûts	Pointage	Total	% de pertinence
Dépôt terrestre	Non	0	Moyenne	1	Forte	0	Faible	2	3	30
Confinement terrestre	Oui	1	Non significative	3	Faible	2	Forte	0	6	60
Restauration de dunes	Oui	1	Faible	2	Moyenne	1	Forte	0	4	40
Matériaux pour sites d'enfouissement et sites miniers	Oui	1	Faible	2	Faible	2	Moyenne	1	6	60
Transport et construction	Oui	1	Non significative	3	Faible	2	Moyenne	1	7	70
Agriculture, horticulture et foresterie	Oui	1	Non significative	3	Faible	2	Forte	0	6	60
Banc d'emprunt	Oui	1	Faible	2	Faible	2	Faible	2	7	70
Création et restauration de milieux humides	Oui	1	Non significative	3	Faible	2	Moyenne	1	7	70
Recharge de plage et parc de sédimentation	Oui	1	Non significative	3	Forte	0	Moyenne	1	5	50

### 5.3 Analyse

Les résultats obtenus de par ce bilan analytique seront maintenant exposés et expliqués.

En premier lieu, l'attention doit être portée sur le résultat le plus faible qui a été attribué au dépôt terrestre, soit un total de 3 sur 10 ou 30 %. Il a été démontré que ce type de dépôt a un impact important sur le milieu récepteur, que ce soit sur le plan humain, de par la contamination possible de l'eau potable, ou sur le plan environnemental par l'infiltration de l'eau salée issue des sédiments marins. À cela s'ajoute le fait que ce type de dépôt engendre des coûts non négligeables qui ne peuvent être compensés par le concept de la valorisation. Les sédiments gérés de cette façon sont, la plupart du temps, considérés comme étant des déchets ultimes. Cette option est donc peu pertinente dans le contexte environnemental et règlementaire actuel.

En deuxième lieu, deux options de valorisation ont obtenu une note sous la barre des 60 %, soit la restauration de dunes (40 %) ainsi que la recharge de plage et les parcs à sédimentation (50 %). Ces résultats s'expliquent, dans le premier cas, par des coûts considérés disproportionnés par rapport à l'immersion en mer. La présence de milieux dunaires est restreinte dans le golfe du Saint-Laurent. Les distances à parcourir pour aller y déposer des sédiments sont donc bien souvent importantes. De plus, la réalisation une main d'œuvre suffisamment spécialisée ce qui représente des coûts supplémentaires. Quant aux impacts sur l'environnement, ils sont qualifiés d' « intensité moyenne ». En effet, les dunes sont des milieux extrêmement fragiles et peu de projets ont encore été réalisés à cet égard. La présence de machinerie sur les dunes pourrait donc engendrer des impacts à moyen ou long terme qui sont encore méconnus.

Concernant la recharge de plage et les parcs de sédimentation, ce sont des techniques largement utilisées aux États-Unis. Toutefois, en plus d'être relativement coûteuses compte tenu de l'équipement spécialisé nécessaire, ces options engendrent des effets non désirables, voire même excessifs sur l'environnement. D'autant plus que le piétinement des milieux riverains sensibles est mal perçu par les autorités mandatées de faire respecter la *Loi sur les pêches*. Ces deux options pourraient donc, selon cette analyse, faire l'objet d'une évaluation sommaire lors de l'évaluation de variantes de projets, d'autant plus que l'argument d'une éventuelle stabilisation des rives devrait justifier une telle considération. Toutefois, il demeure qu'il serait surprenant que de tels projets voient le jour prochainement au Québec.

Trois autres options ressortent de cette analyse avec une note de passage de 60 % de pertinence. Ces options sont le confinement terrestre, l'utilisation des sédiments comme matériel pour les sites d'enfouissement et les sites miniers et l'utilisation à des fins agricole, horticole et forestière. Premièrement, il faut rappeler que le confinement est une mesure d'atténuation appliquée généralement pour réduire les impacts du dépôt terrestre ou encore comme méthode d'assèchement et de désalinisation des sédiments avant une valorisation ultérieure. Il est donc normal que les impacts sur la santé humaine et sur l'environnement soient considérés comme étant faibles ou encore non significatifs. Cependant, ce sont les coûts quelques fois disproportionnés qui font en sorte que cette option n'est pas davantage mise de l'avant. Jumelé à d'autres méthodes pour réduire la teneur en eau salée, le confinement pourrait être échelonné sur une moins longue période de temps et entraîner une valorisation plus rapide des sédiments, ce qui pourrait réduire les coûts totaux. Une autre manière de réduire les coûts pourrait être de faire un site central qui desservirait plusieurs ports et qui diviserait le fardeau financier entre plusieurs acteurs tel que démontré dans l'exemple de l'Île-du-Prince-Édouard.

Deuxièmement, en ce qui a trait à l'utilisation des sédiments comme matériel pour les sites d'enfouissement et les sites miniers, ce sont les coûts qui rendent la méthode un peu moins accessible. Bien que le potentiel de vendre les sédiments à de telles fins soit existant, il faut prendre en compte que d'énormes quantités de sols contaminés sont déjà utilisées ou en attente de l'être pour les mêmes fonctions. De plus, le transport important entre les sites de dragage et les sites d'enfouissement peut être un coût difficile à assumer pour les promoteurs. D'un autre côté, des projets comme celui qui a été mis en œuvre en Pennsylvanie, ont prouvé que la chaîne de manipulations des déblais ne ralentie n'est pas nécessairement les travaux de dragage. Quant aux impacts sur le milieu récepteur, ils ont été qualifiés de faibles puisque les sites miniers sont déjà des milieux fortement perturbés et/ou contaminés et puisque les LES ou les LET sont des lieux contrôlés et prévus à cet effet. Le dépôt de sédiments marins desséchés sur ces milieux ne pourrait que contribuer à une amélioration des conditions du milieu que ce soit pour l'environnement ou le voisinage.

Finalement, l'utilisation des sédiments en tant qu'amendement sur divers types de sols, le critère déterminant est nécessairement les coûts qui seront parfois considérés comme étant disproportionnés. En effet, le dessèchement, la désalinisation et surtout le tri préalables des différentes granulométries sont très coûteux. Aussi, plusieurs autres types de fertilisants tel que

les boues municipales ou le lisier de porcs qui abondent dans certaines régions peuvent être épandus sur les champs agricoles. La valeur des sédiments valorisés à cette fin est donc très faible, voire nulle, selon les circonstances. Toutefois, les impacts sur l'environnement et la santé humaine pourraient être faibles ou même bénéfiques.

En résumé, ces trois options de gestion des déblais permettent une valorisation et représentent très peu de risques pour l'environnement et la santé humaine. Cependant, l'importance des coûts engendrés font en sorte que peu de projets ont été réalisés au Québec jusqu'à maintenant. Toutefois, ayant obtenus une note de 60 %, ces trois options pourraient faire l'objet de projets pilotes tel que celui de Murdochville avec les sédiments du port de Gaspé qui débutera sous peu. Ce type de projets permettrait également d'aller chercher davantage de connaissances sur les impacts résiduels et même de développer une expertise québécoise en la matière.

En tout dernier lieu, l'utilisation des déblais pour le transport et la construction, les bancs d'emprunt ainsi que pour la création et restauration de milieux humides, obtiennent le meilleur pointage de pertinence, soit 70 %. À l'heure actuelle, plusieurs matériaux entrent en compétition pour servir de base dans la composition des structures de transport et de construction. Bien que les preuves aient été faites ailleurs dans le monde, notamment en Allemagne, des investissements resteraient à faire ici en recherche et développement pour cette option. Dans la même optique, si des traitements sont nécessaires afin de séparer les différentes granulométries, les coûts deviennent le facteur limitant à l'implantation. Cependant, à titre de compensation, les matériaux pourraient se voir attribuer une valeur monétaire. En ce qui a trait aux risques pour la santé humaine sont considérés comme étant non significatifs et les impacts sur l'environnement comme étant faibles, mais tout de même présents puisqu'un certain pourcentage résiduel de sel pourrait se dissiper dans l'environnement une fois les matériaux transformés.

Pour ce qui est de la création et la restauration de milieux humides, les résultats sont équivalents. Plusieurs projets de la sorte ont déjà été menés, et ce, même au Québec. Malgré le fait que de telles opérations puissent nécessiter des coûts supplémentaires par rapport à l'immersion en mer, notamment à cause des structures de protection nécessaires ainsi que la manipulation supplémentaire des sédiments, certaines activités pourraient être faites en collaboration avec d'autres organisations à but non lucratif qui pourraient fournir temps et main

d'œuvre. La problématique de la disparition des milieux humides est critique et les impacts négatifs sont très peu nombreux. Pour ces raisons, cette technique devrait être considérée par tous les acteurs.

Au sujet de la création de bancs d'emprunt, c'est la seule option envisageable qui entre en compétition avec l'immersion en mer en termes de coûts puisque les déblais peuvent être déposés en rives, près des travaux. Bien sûr, certains travaux s'y prêtent plus que d'autres en ce qui a trait à la disponibilité de l'espace et à l'emplacement des nappes d'eau souterraines. Toutefois, une telle option permet une valorisation à court ou moyen termes. Elle dépend moins de l'offre et de la demande. Les impacts résiduels sont reliés davantage à la possibilité de contamination de l'eau souterraine lorsque les mesures préventives ne sont pas mises en place. Toutefois, des terrains ayant déjà de hautes teneurs en sels pourraient être sélectionnés, comme dans le cas de Mines Seleine, aux Îles-de-la-Madeleine. Tout compte fait, une pertinence de 70 % permet à ces options de faire l'objet d'une véritable considération par les différents acteurs. Les autorités gouvernementales pourraient insister sur la possibilité de mettre en œuvre de tels projets à court terme.

## 6 RECOMMANDATIONS

Il ressort de cette analyse que seulement quelques options de valorisation des déblais marins peuvent substituer l'option de l'élimination en mer, et nécessite la bonne volonté des promoteurs, la persévérance des autorités ou tout simplement au refus de l'émission du permis d'immersion. La section suivante servira à la formulation de recommandations qui favoriseront l'atteinte des conditions optimales pour que la valorisation des sédiments au Québec voie le jour dans un contexte soutenable, si telle est l'orientation que les gouvernements veulent donner à la finalité des activités de dragage.

- L'ensemble des possibilités réelles et concrètes de valorisation devraient être répertoriées, même celles qui sont les moins réalistes dans le contexte actuel. En fait, il s'agit de mettre sur pied un réseau d'offre et de demande de sols et sédiments dans le but d'anticiper les différents marchés qui peuvent s'ouvrir à plus ou moins long terme.
- Un répertoire des ports effectuant du dragage de sédiments salés devrait être élaboré. Par la suite, les milieux à restaurer devraient être listés, les sites d'enfouissements, les sites miniers, les entreprises agricole, horticole et forestière, les entreprises de construction et de transport ainsi que les plages en besoin de matériel devraient être localisés. Le tout devrait être régulièrement mis à jour pour que ce réseau soit reconnu comme étant fiable auprès des entrepreneurs.
- Au Canada, les activités de dragage étant décentralisées, il est difficile d'avoir une vision globale et une prise de décision unanime. Une réorganisation des pouvoirs d'intervention, de décision ou d'émission de permis étant utopique à l'heure actuelle, il faudrait s'assurer de consolider les efforts en amont d'un projet, c'est-à-dire avant même le dépôt d'un avis de projet. La formation de tables de concertation devrait être favorisée à cette étape. Les objectifs de valorisation des autorités gouvernementales devraient être sommairement établis en fonction des divers projets et la possibilité d'une éventuelle contribution, financière ou autre, devrait être soulevée dès les premières rencontres pour répondre aux divers intérêts.

- Des subventions pourraient être octroyées de la part de divers intervenants, dont les autorités gouvernementales, pour des projets pilotes qui tiennent compte des aspects du développement durable. Il est primordial de supporter les entreprises qui pensent à plus long terme. Les projets qui impliquent une stabilisation des rives, par exemple, ne sont pas nécessairement rentables à court terme. Toutefois compte tenu des impacts probables des changements climatiques, les autorités gouvernementales, quelles qu'elles soient, devront un jour ou l'autre investir à ce niveau. Le principe de précaution de la *Loi sur le développement durable* du Québec devrait ici être appliqué. Dans le même ordre d'idées, les projets pilotes aideront à récolter davantage de données pour assurer la fiabilité des diverses techniques et stimuler la mise en œuvre de ces dernières à moyen ou long terme.
- Des trois options qui ont obtenues une note de 70 %, le banc d'emprunt semble un compromis intéressant pour les différents acteurs. Le marché de la valorisation étant peu développé jusqu'à maintenant, cela offre la possibilité de valoriser à moyen terme. De plus, les promoteurs peuvent s'en tenir à leur spécialité, le dragage, alors que d'autres entrepreneurs peuvent venir chercher les matériaux de manière indépendante, une fois le processus de séchage et de dessalage des sédiments complété. Dans ce cas, les deux parties pourraient s'entendre au préalable sur les modalités d'échange de matériel ainsi que sur le partage des responsabilités.
- Finalement, en vertu de la *Politique de la gestion de l'habitat du poisson*, Pêches et Océans Canada devrait intervenir auprès des promoteurs pour que ces derniers effectuent des dépôts ou de la valorisation terrestre. Toutefois, tel que nous avons pu le constater à travers de multiples exemples, il est également possible de faire de la valorisation de déblais dans l'eau ou en rives. Ces autorités doivent donc être conséquentes dans leur démarche et devraient se fixer des critères précis et transparents concernant les projets qu'ils préconiseront, et ce, préférablement en collaboration avec les autres autorités, qu'elles soient fédérales ou provinciales.

## CONCLUSION

Ce travail de recherche et d'analyse est né de la volonté du Programme d'immersion en mer d'Environnement Canada dans le but de documenter davantage les options de gestion de déblais en milieu terrestre, les impacts qui y sont associés et analyser la faisabilité d'implanter de telles options dans le contexte québécois. À cette fin, plusieurs étapes préalables ont dûes être franchies.

D'abord, il a été démontré que plusieurs lois, règlements et politiques gouvernementales légifèrent les activités de dragage mais que peu de balises existent pour ce qui est de la mise en dépôt des sédiments. Il est plutôt question à cet égard de la théorie du « cas par cas ». Ensuite, une description détaillée a été faite des options d'élimination, soit :

- le dépôt terrestre,
- le confinement terrestre, et
- l'élimination en milieu aquatique et en berge.

Le même type de description a été fait pour ce qui est des options de valorisation les plus susceptibles d'être utilisées au Québec, soit :

- la restauration de dunes,
- l'utilisation des matériaux pour des sites d'enfouissement et des sites miniers,
- le transport et la construction,
- l'agriculture, l'horticulture et la foresterie,
- le banc d'emprunt,
- la création et restauration de milieux humides, et
- la recharge de plage et parc de sédimentation.

Les points forts et les points faibles de chacune de ces options ont été répertoriés. De plus, des exemples concrets et récents de chaque option ont également appuyés cette description. Suite à cela, les impacts engendrés par la manipulation, le transport et le dépôt des sédiments ont été élaborés. Il en ressort que la plupart, sinon la totalité, des modes de gestion en milieu terrestre implique davantage de manipulation et de transport, ce qui influe principalement sur le milieu humain par l'empiètement, les émissions de polluants et le bruit. Parallèlement, les impacts potentiels associés à la salinité des déblais ont été énumérés. Ces derniers peuvent modifier la

qualité du milieu récepteur, soit la qualité des sols et de la végétation qu'il supporte. Également, les impacts peuvent influencer la qualité de l'eau souterraine qui est une source importante d'eau potable. C'est pourquoi diverses mesures d'atténuation de cette possible salinisation du milieu récepteur ont été abordées. Le confinement et la collecte du lixiviat se démarque des autres techniques telles que le confinement en digue ou la compaction à cause de son efficacité. Les autres techniques n'étant toutefois pas écartées à titre de mesures complémentaires.

Afin de répertorier les options de gestion les plus susceptibles d'être considérées lors de la planification d'un projet de dragage, une analyse de ces dernières a été effectuée. Cette analyse a été structurée en fonction de quatre principaux critères qui servent de balise au Programme d'immersion en mer d'EC lors d'une émission de permis, soit la possibilité de valoriser, les risques pour la santé humaine et la santé de l'environnement ainsi que les coûts. Cette analyse a permis de faire ressortir que trois options de gestion pourraient, à l'heure actuelle, se démarquer et être considérées presque au même titre que l'immersion en mer. Davantage de recherche reste à faire, mais une valorisation des déblais pourrait être envisagée soit pour créer ou restaurer des milieux humides, pour intégrer les matériaux aux structures servant pour le transport ou la construction ou encore pour stocker temporairement les sédiments sous forme de banc d'emprunt. L'analyse illustre également le fait que plusieurs options semblent bénéfiques à première vue, mais qu'il ne serait pas réaliste de penser qu'elles pourraient être bientôt implantées de façon systématique au Québec étant donné les coûts importants et les impacts sur la santé humaine et l'environnement qui demeurent importants dans certains cas.

En conclusion, quelques recommandations, telles que la mise en place d'un réseau d'offre et de demande de sols et sédiments, l'investissement d'efforts en amont d'un projet par le biais de la formation de tables de concertation, l'encouragement de projets pilotes par les autorités gouvernementales, l'application du principe de précaution, l'utilisation du banc d'emprunt ainsi que l'établissement de critères précis relatifs aux projets de valorisation, ont été formulées dans l'optique de favoriser le rassemblement des conditions optimales pour que la valorisation des sédiments soit implantée un jour au Québec.

## RÉFÉRENCES

- Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACÉE) (2007). Loi canadienne sur l'évaluation environnement, Comment déterminer si la Loi s'applique, [En ligne]. [http://www.acee-ceaa.gc.ca/012/004/index\\_f.htm](http://www.acee-ceaa.gc.ca/012/004/index_f.htm) (Page consultée le 6 décembre 2007).
- Alberta Environnement (2001). Salt contamination assessment and remediation guidelines. Environmental Sciences Division, Environmental Service. 88 p.
- Association québécoise des groupes d'ornithologues (AQGO) (1995). Les Oiseaux nicheurs du Québec : atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional / sous la direction de Jean Gauthier et Yves Aubry.
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) (2007). Projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement à Magog par Waste Management Inc., [En ligne]. <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/rapports/publications/bape247.pdf> (Page consultée le 12 mars, 2008)
- Braün, R. (2006). Valorisation des sédiments de dragage en milieu terrestre. Identification et caractérisation des usages (Fiches techniques). Pêches et Océans Canada – Région du Québec. Direction de la gestion de l'habitat du poisson. Institut Maurice Lamontagne, Mont-Joli (Québec).
- Buddemeier, R.W., Sawin, R.S., Whittemore, D.O., Young, D.P. Salt contamination of ground water in South Central Kansas. Kansas geological survey, Public Information Circular (PIC) 2, [En ligne]. [http://www.kgs.ku.edu/Publications/pic2/pic2\\_5.html](http://www.kgs.ku.edu/Publications/pic2/pic2_5.html) (Page consultée le 5 décembre 2007).
- Cacouna.Qc (2000). Site ornithologique. Les marais de Cacouna, un milieu à découvrir. Article paru dans le journal Info-Dimanche, rédigé par François Drouin, [En ligne]. <http://cacouna.net/siteornithologique.htm>. (Page consultée le 27 février 2008).
- CBJ Environnement Inc. (2006). Étude d'impact sur l'environnement : Programme décennal de dragage d'entretien du chenal maritime de Mines Seleine à Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine. Rédigé pour la Société canadienne de sel Ltée. Présenté au MDDEP. 166 p.
- Centre Saint-Laurent (CSL) (1992). Guide pour le choix et l'opération des équipements de dragage et des pratiques environnementales qui s'y rattachent. Document préparé en collaboration avec Travaux Publics Canada et le ministère de l'Environnement du Québec et réalisé par Les Consultants Jacques Bérubé Inc. 81 p.
- Chevalier, P. (2005). Technologies d'assainissement et prévention de la pollution. Coll. Sciences de l'environnement, Sainte-Foy (Québec), Télé-université, 439 p.
- COAST and PDEP (2006). Dredged materials in abandoned mine reclamation: The Bark Camp demonstration project. Final Report, [En ligne]. <http://www.scc.rutgers.edu/coastweb/AMR/Bark%20Camp%20Report3.pdf>. (Page consultée le 28 février 2008).
- Dessau Soprin (2007a). Options de gestion pour les sédiments résultats des travaux de dragage. Rapport rédigé pour Environnement Canada.

- Dessau Soprin (2007b). Dragage partiel au port de Gros Cacouna. Examen préalable préparé en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCÉE) effectué pour Transport Canada.
- Dessau Soprin (2006). Valorisation des sédiments du Port de Gaspé – Sandy Beach sur les résidus miniers de Murdochville. Protocole d'essais et d'échantillonnage sur les sédiments. Rapport final rédigé pour Travaux publics et services gouvernementaux Canada.
- Detzner, H.D, and Knies, R. (2004). Treatment and beneficial use of dredged sediments from port of Hamburg.
- Environnement Canada (EC) (2007a). Rapport annuel 2005-2006 d'Environnement Canada pour la LCPE.
- Environnement Canada (EC) (2007b). Évaluation de la gestion des déblais de dragage selon l'Annexe 6 de la LCPE (1999) - Ébauche
- Environnement Canada (EC) (2006). Branché sur l'air pur : Secteurs maritimes et ferroviaire, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/Voies\\_ferrees\\_et\\_maritimes-WSC692F9B3-1\\_Fr.htm](http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/Voies_ferrees_et_maritimes-WSC692F9B3-1_Fr.htm). (Page consultée le 12 mars 2008).
- Environnement Canada (EC) (2002a). Programme d'Immersion en mer, région du Québec, [En ligne]. [http://www.ec.gc.ca/seadisposal/main/index\\_f.htm](http://www.ec.gc.ca/seadisposal/main/index_f.htm) (Page consultée le 3 décembre 2007).
- Environnement Canada (EC) (2002b). Protection de l'environnement, région du Québec. Inspections et enquête pollution : Lois et règlements, [En ligne]. [http://www.qc.ec.gc.ca/dpe/Francais/dpe\\_main\\_fr.asp?insp\\_sujet](http://www.qc.ec.gc.ca/dpe/Francais/dpe_main_fr.asp?insp_sujet) (Page consultée le 5 décembre 2007).
- Environnement Canada (EC) (1994). Répercussions environnementales du dragage et de la mise en dépôt des sédiments. Document préparé par Les Consultants Jacques Bérubé Inc. Pour la Section du développement technologique. Direction de la protection de l'environnement, régions du Québec et de l'Ontario. 109 p.
- Fonds européens de développement régional (FEDER) (2004). Environnement et prévention des risques: Régime sans sel pour les terrils alsaciens, [En ligne]. [http://www.projetsdeurope.gouv.fr/IMG/pdf/OP\\_271\\_Alsace.pdf](http://www.projetsdeurope.gouv.fr/IMG/pdf/OP_271_Alsace.pdf) (Page consultée le 19 janvier 2008).
- Great Lakes Commission (GLC) (2001). Beneficial uses of Great Lakes dredged material. A report of the Great Lakes Beneficial Use Task Force. Ann Arbor (Michigan).
- Great lakes dredged & dock company (GLDD) (2002). Twelve Beaches, Six Months: Nourishing San Diego Shores.
- Ground engineering and materials technology (GEMTEC) (2006). Analysis and design of dredge spoils containment, Final report. Moncton (Nouveau-Brunswick). 23 p.
- Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) (2008). Dragage et environnement marin : risques environnementaux, [En ligne]. <http://www.ifremer.fr/envlit/documentation/dossiers/dragages/drag-c43.htm>. (Page consultée le 16 janvier 2008).
- Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) (2003). Les propriétés physiques de l'eau de mer. Notes de cours universitaires. S. Speich, [En ligne]. [http://www.ifremer.fr/lpo/speich/COURS/PO1/PO1\\_03TSrho.pdf](http://www.ifremer.fr/lpo/speich/COURS/PO1/PO1_03TSrho.pdf) (Page consultée le 3 décembre 2007).

- Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) (2002). Prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion des déchets, [En ligne]. <http://www.ifremer.fr/envlit/actualite/2002052801.htm>. (Page consultée le 13 décembre 2007).
- International maritime organization (IMO) (2002). Safe, secure and efficient shipping on clean oceans, [En ligne]. [http://www.imo.org/home.asp?topic\\_id=1488](http://www.imo.org/home.asp?topic_id=1488). (Page consultée le 13 décembre 2007).
- IRDA Environnement (2006). Rapport final du schéma directeur du traitement des vases portuaires (SDTVP) du bassin d'Arcachon, France. 174 p.
- Laberge, J. (2008). Communication personnelle. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Service des lieux contaminés. Direction des politiques en milieu terrestre.
- Landlin, M.C. (1996). Wetland restoration, protection, and creation in relation to public works projects in the United States: practices and case studies. Texte d'une conférence présentée dans le cadre de du Forum International Grands travaux et Développement Durable (Montréal). Représentant de la U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, [En ligne]. <http://www.udd.org/francais/forum1996/TexteLandin.html>. (Page consultée le 21 février 2008).
- La Presse Canadienne (2007). Transport Québec a dû remblayer pour éviter qu'une route ne soit ensevelie. Actualités du Québec, jeudi, 13 décembre 2007. Article trouvé dans la bibliothèque Eureka, [En ligne]. <http://www.biblio.eureka.cc.ezproxy.usherbrooke.ca/WebPages/Search/Result.aspx>. (Page consultée le 20 mars 2008).
- LCÉE (1992). *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, 1992, ch. 37, C-15.2.
- LCPE (1999). *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, 1999, ch. 33, C-15.31.
- Lehoux, D. (2005). Thématique : Stabilisation de rives en érosion; Fiche 37(BF) - Érosion du marais dans l'Anse de Rivière-du-Loup. Environnement Canada, [En ligne]. [http://www.qc.ec.gc.ca/faune/AtlasDeRestaurationDesRivesDuSaint-Laurent/fiche\\_print\\_f.asp?id=37\(BF\)](http://www.qc.ec.gc.ca/faune/AtlasDeRestaurationDesRivesDuSaint-Laurent/fiche_print_f.asp?id=37(BF)). (Page consultée le 20 mars 2008).
- Lemieux, M. (2004). Projet expérimental au LES du VSF : utilisation d'une toile réutilisable pour le recouvrement journalier des matières résiduelles, technique ÉCOSOL, SGMR du Val-Saint-François, [En ligne]. [http://www.environnementestrie.ca/terr/bulletin/Projet\\_experimental.pdf](http://www.environnementestrie.ca/terr/bulletin/Projet_experimental.pdf). (Page consultée le 13 mars 2008).
- LQE (1999). *Loi sur la qualité de l'environnement*, L.R.Q., c.Q-2.
- Marchand, F. (2008). Communication personnelle. Chargé de projets du Programme sur l'immersion en mer pour les Activités de protection de l'environnement, Environnement Canada, Région du Québec.
- Michaud, J-R. (1993). Guide pour l'évaluation et le choix des technologies de traitement des sédiments contaminés, Environnement Canada, Centre Saint-Laurent.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) (2007). Critères de qualité de l'eau de surface au Québec, [En ligne]. [http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/regles.htm#signification](http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/regles.htm#signification). (Page consultée le 12 décembre 2007).

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) (2006). Liste des lieux d'enfouissement sanitaire autorisés et en exploitation au Québec, [En ligne]. [http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat\\_res/liste\\_les.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/liste_les.pdf). (Page consultée le 5 mars 2008).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) (2002). La valorisation des matières résiduelles fertilisantes : des résidus mis à profit, [En ligne]. [http://www.menv.gouv.qc.ca/matieres/mat\\_res/fertilisantes/](http://www.menv.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/). (Page consultée le 19 mars 2008).
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) (2008). Eau potable, [En ligne]. <http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.php?aid=23>. (Page consultée le 10 janvier 2008)
- Ministère des Ressources Naturelles et Faune (MRNF) (2007). La restauration des sites miniers de l'État, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/restauration/restauration-sites.jsp>. (Page consultée le 27 février 2008).
- MRC Rivière-du-Loup (2004). Projet de schéma d'aménagement et de développement révisé. Présenté au BAPE pour le Projet d'implantation du terminal méthanier Énergie Cacouna par TransCanada Pipelines Limited et Petro-Canada, [En ligne]. [http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/cacouna/documents/DB6-2/DB6-2\\_C15.pdf](http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/cacouna/documents/DB6-2/DB6-2_C15.pdf). (Page consultée le 3 mars, 2008).
- Nouveau-Brunswick (2001). Ligne directrice pour l'emplacement et l'exploitation d'un lieu d'élimination des déblais de dragage sur terre, [En ligne]. <http://www.gnb.ca/0009/0024-f.pdf>. (Page consultée le 21 décembre 2007).
- Olivier, M. (2008). Communication personnelle. Chimiste au Centre universitaire de formation en environnement de l'Université de Sherbrooke.
- Olivier, M. (2003). Chimie de l'environnement. Les productions Jacques Bernier, éditeur. Saint-Lambert de Lauzon (Québec). 301 p.
- Ontario Guidelines, 1997. Guidelines for use at contaminated sites in Ontario. Appendix 2: Summary of soil, groundwater and sediment criteria. Table A: Surface soil and ground water criteria for a potable ground water condition. Ontario Ministry of Environment and Energy.
- Pêches et Océans Canada (POC) (2008). Océans et habitat du poisson. La *Loi sur les pêches*, [En ligne]. [http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans-habitat/habitat/policies-politique/act-acte\\_f.asp](http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans-habitat/habitat/policies-politique/act-acte_f.asp). (Page consultée le 13 mars 2008).
- Pêches et Océans Canada (POC) (2007). Dragage d'entretien périodique pour la navigation, Région du Pacifique, énoncé opérationnel, [En ligne]. [http://www-heb.pac.dfo-mpo.gc.ca/decisionsupport/os/pdfs/pacific\\_region\\_11\\_routine\\_maintenance\\_f.pdf](http://www-heb.pac.dfo-mpo.gc.ca/decisionsupport/os/pdfs/pacific_region_11_routine_maintenance_f.pdf). (Page consultée le 3 décembre 2007).
- Permanent international association of navigation congresses (PIANC) (1992). Beneficial uses of dredged material. A practical guide. Brussels (Belgium).
- Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (PPSRTC) (1998). Coll. Terrains contaminés. Les Publications du Québec, [En ligne]. <http://www.menv.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/index.htm>. (Page consultée le 18 décembre 2007).

- Provencher, M. (2008). Communication personnelle. Gestionnaire de la section des Évaluations environnementales pour les Activités de protection de l'environnement, Environnement Canada. Région du Québec.
- Queensland Government Environmental Protection Agency (QGEPA) (2004). Beach conservation : management guidelines for dune usage, [En ligne]. [http://www.epa.qld.gov.au/environmental\\_management/coast\\_and\\_oceans/beaches\\_and\\_dunes/beach\\_conservation/#coastal](http://www.epa.qld.gov.au/environmental_management/coast_and_oceans/beaches_and_dunes/beach_conservation/#coastal). (Page consultée le 28 février 2008).
- Robert, A-P. (2008). Notes du cours Prévention et traitement de la pollution. Cours de la maîtrise en environnement. Centre universitaire de formation en environnement. Ingénieur et invité conférencier.
- Santé Canada (2008a). Santé de l'environnement et du milieu de travail. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, [En ligne]. [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index\\_f.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide/index_f.html). (Page consultée le 12 décembre 2007).
- Santé Canada (2008b). Santé de l'environnement et du milieu de travail. Les sulfates, [En ligne]. [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/sulphate-sulfates/index\\_f.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/sulphate-sulfates/index_f.html). (Page consultée le 13 mars 2008)
- Saint-Laurent Vision 2000 (SLV 2000) (2005). Interactions communautaires Programme de financement Bilan 1998 à 2003. Bilan du Secteur des Îles-de-la-Madeleine, [En ligne]. [http://www.slv2000.qc.ca/plan\\_action/phase3/implication\\_communautaire/programme\\_interaction\\_s/bilan\\_98\\_03/iles\\_madeleine\\_f.htm](http://www.slv2000.qc.ca/plan_action/phase3/implication_communautaire/programme_interaction_s/bilan_98_03/iles_madeleine_f.htm). (Page consultée le 2 février 2008).
- Saint-Laurent Vision 2000 (SLV 2000) (2003). Bulletin d'information Saint-Laurent Vision 2000, Un bilan axé sur le partenariat et la concertation. Volume 13, Numéro 5, Janvier 2003, [En ligne]. [http://www.slv2000.qc.ca/bibliotheque/lefleuve/vol13no5/accueil\\_f.htm](http://www.slv2000.qc.ca/bibliotheque/lefleuve/vol13no5/accueil_f.htm). (Page consultée le 26 mars 2008).
- Staver, K.W. (2003). Developing options for direct application of dredged materials to Cropland. University of Maryland, Queenstown (Maryland). 12 p.
- St-Laurent, D. (2008). Communication personnelle. Coordonnateur régional du Programme sur l'immersion en mer pour les Activités de protection de l'environnement, Environnement Canada, Région du Québec.
- Terry J. R. (1974). Road salt, drinking water and safety. Improving public policy and practice. Ballinger publishing company. Cambridge (Massachusetts).
- Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada (TPSGC) (2007a). Dredging and management of dredged material sites on land, New Brunswick. Présentation de M. Garth Holder dans le cadre du Comité de Planification et Évaluation Environnementale du Dragage (CPEED) en septembre 2007.
- Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada (TPSGC) (2007b). Replacement class screening report. Harbour maintenance re-dredging and land-based disposal of redredged sediments in Prince Edward Island. Préparé pour Pêches et Océans Canada, section des ports pour petits bateaux. Charlottetown.
- US Army Corps of Engineers (USACE) (2007). Summary of available guidance and best practices for determining suitability of dredged material for beneficial uses. Dredging Operations and Environmental Research Program.

US Environmental Protection Agency (USEPA) (2003). Dredged material management action agenda for the next decade.

US Environmental Protection Agency and US Army Corps of Engineers (USEPA and USACE) (2006). Beneficial uses of dredged material [En ligne]. <http://el.erdc.usace.army.mil/dots/budm/budm.cfm>. (Page consultée le 2 février 2008).

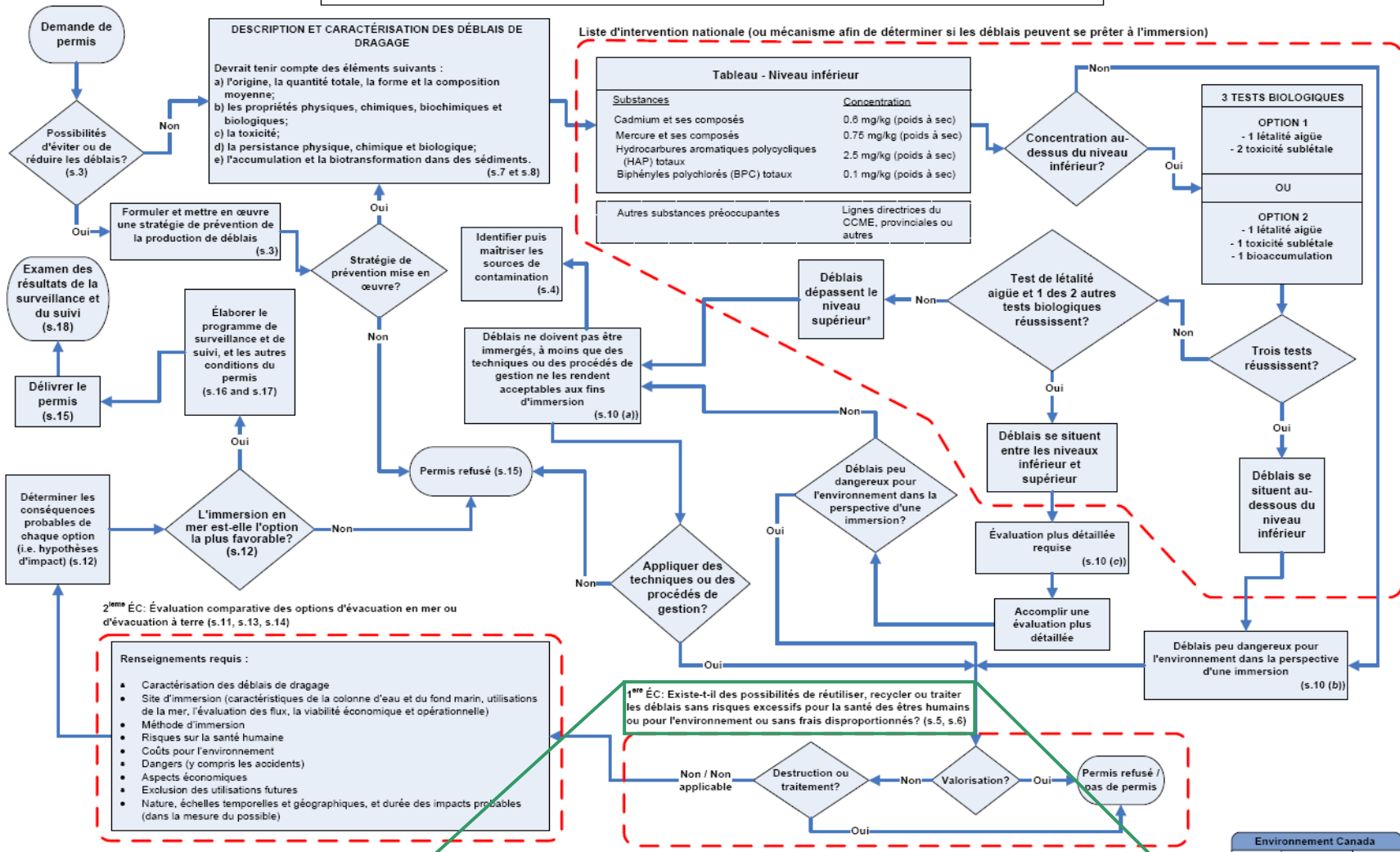
US Environmental Protection Agency and US Army Corps of Engineers (USEPA and USACE) (2004). Evaluating environmental effects of dredged material management alternatives – A technical framework. 66 p.

US Army Engineer Waterway Experiment Station (USAEWES) (1978). Synthesis of research results. Dredged material research program. Confined Disposal Area Effluent and Leachate Control (Laboratory and Field Investigations).

**ANNEXE 1 – PROCESSUS D'ÉVALUATION D'UNE DEMANDE DE PERMIS.**

Modifié d'EC (2007b)

## Évaluation de la gestion des déblais de dragage selon l'Annexe 6 de la LCPE 1999 - ÉBAUCHE



Existe-t-il des possibilités de réutiliser, recycler ou traiter les déblais sans risques excessifs pour la santé des êtres humains ou pour l'environnement ou sans frais disproportionnés ?

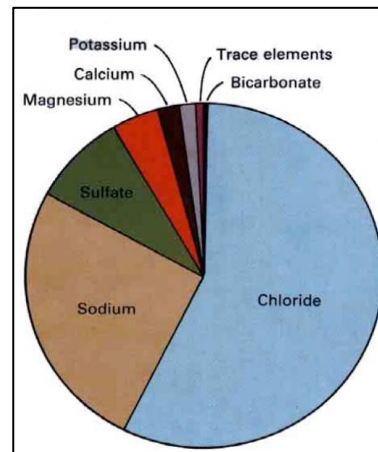
## **ANNEXE 2 - NOTIONS SUR LA SALINITÉ**

## La salinité de l'eau de mer

Il est important de définir quelles sont les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer. En moyenne la salinité de l'eau de mer est de 3,5 % ou de 35 g/kg et sa densité est d'environ 1,025 g/ml. Autre fait intéressant, selon la loi de Dittmar (1884), quelle que soit la concentration de sel dans l'eau, la proportion relative des principaux sels demeure constante. À eux seuls, le chlore (Cl), le sodium (Na), le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), le magnésium (Mg), le calcium (Ca) et le potassium (K) représentent environ 99 % de la fraction du sel de mer (Ifremer, 2003). Les trois principaux éléments étant le chlore, le sodium et les sulfates, représentent en moyenne plus de 94 % du sel (voir tableau A2.1 et la figure A2.1).

**Tableau A2.1** Concentration des éléments dans l'eau de mer. Tiré de Ifremer (2003, p.5).

Éléments	Concentration dans l'eau de mer (g/kg)
Chlore	18,87
Sodium	10,55
Sulfates	2,65
Magnésium	1,27
Calcium	0,4
Potassium	0,38



**Figure A2.1** Constituants majeurs et mineurs de l'eau de mer. Tirée de Ifremer (2003, p.6)

D'autre part, le tableau A2.2 démontre la différence entre la composition ionique de l'eau de rivière et de l'eau de mer.

**Tableau A2.2** Concentration des ions de l'eau de rivière et l'eau de mer. Tiré de Alberta Environnement (2001, p.59)

Paramètre	Eau de rivière	Eau de mer
Cl <sup>-1</sup> (mg/L)	7,6	19 500
Na <sup>+1</sup> (mg/L)	7,0	10 8000
Ca <sup>+2</sup> (mg/L)	36,0	413
Mg <sup>+2</sup> (mg/L)	7,8	1 300
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/L)	31,4	2 700
HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> (mg/L)	106	-
Salinité (mg/L)	203	35 334
Conductivité électrique (dS/m)	<1	-

La salinité d'une solution se mesure par la conductivité électrique. Celle-ci indique la concentration totale d'ions dissous, positifs et négatifs, dans une solution donnée. L'unité de mesure de cette variable est le déciSiemens (dS) par mètre (Alberta Environnement, 2001).

### La salinité des sols et de l'eau souterraine

Un sol salin est un sol qui contient suffisamment de sel pour affecter les processus vivants qui y ont lieu. Lorsque dans le sol, ces sels sont présents sous la forme de cations (Na<sup>+</sup>) ou d'anions (Cl<sup>-</sup>). Le pH retrouvé dans ces sols est habituellement de 8,5 ou moins (Alberta Environnement, 2001).

#### Mouvement de l'eau dans le sol

Les principales forces qui régissent le déplacement de l'eau à travers le sol sont le potentiel de gravité, le potentiel osmotique ainsi que la pression hydrostatique (Alberta Environnement, 2001). La gravité est la propriété physique qui veut que tous les corps possédant une masse, s'attirent entre eux. Le potentiel osmotique est la force qui veut que l'eau se déplace toujours d'une solution peu concentrée vers une solution plus concentrée, dans le but de rétablir

l'équilibre ionique entre deux solutions. Finalement, la pression hydrostatique est la propriété physique qui explique le déplacement de l'eau d'un endroit où le sol est humide, voire saturé, vers un endroit plus sec (Alberta Environnement, 2001). Ces forces physiques générales sont indépendantes du type de sol retrouvé sur le lieu du dépôt.

Le déplacement de l'eau dépend également du type de sol du milieu récepteur. Deux autres facteurs, tels que le taux d'infiltration à la surface d'un sol ainsi que par la conductivité hydraulique d'un sol, sont donc à considérer pour bien expliquer le mouvement de l'eau dans le sol. Le taux d'infiltration est la vitesse selon laquelle l'eau peut pénétrer dans un sol par unité de surface (tableau A2.3) et la conductivité hydraulique est définie par la vitesse du flux à travers une section transversale de sol (tableau A2.4). Le taux d'infiltration dépend de la conductivité hydraulique alors que la conductivité ne dépend pas du taux selon lequel l'eau s'infiltré à la surface. Ces deux facteurs dépendent principalement des propriétés du sol, soit la teneur initiale du sol en humidité, de la texture, de la structure ainsi que des différents horizons. De plus, ils peuvent varier en fonction de la porosité du sol, de la géométrie des pores ainsi que la propriété des fluides qui y circulent.

**Tableau A2.3** Taux d'infiltration en fonction de différents types de sols.

Sol	Taille des particules <sup>1</sup>	Taux d'infiltration (mm/h) <sup>2</sup>
Sable	200 µm à 2,0 mm	> 20
Limon sableux	20 à 200 µm	10-20
Limon	2 à 20 µm	5-10
Argile	< 2 µm	1-5

<sup>1</sup>Tiré de Olivier (2003, p.157)

<sup>2</sup>Modifié de Alberta Environnement (2001, p.64)

**Tableau A2.4** Conductibilité hydraulique en fonction de différents types de sols\*. Tiré de Alberta Environnement (2001, p.65)

Texture du sol	Conductibilité hydraulique saturée (cm/sec)	Mouvement par jour estimé
Sable grossier	10 <sup>-2</sup>	0,2 m/jour
Limon fin	10 <sup>-4</sup>	0,2 cm/jour
Argile	10 <sup>-6</sup>	<1 mm/jour

\*Assumant un gradient hydraulique de 0,01 et une porosité de 50 %

## Mouvement du sel dans les sols

Les sels présents dans l'eau de mer sont hautement solubles et de façon implicite, ils suivent facilement les déplacements de l'eau dans le sol. C'est donc dire que les mécanismes de transport de l'eau sont applicables à ceux qui expliquent le transport des ions. La direction dominante de l'eau sera donc celle empruntée par les sels lixiviés. Les sels se déplacent par diffusion et par dispersion hydrodynamique. Ces deux mécanismes font en sorte que les sels dissous sont répartis de façon relativement uniforme dans l'eau (Alberta Environnement, 2001).

L'eau salée peut également se déplacer du bas vers le haut par principe de capillarité lorsque le sel est présent sous la surface d'un sol et que la nappe d'eau souterraine est élevée. Une fois que l'eau salée atteint la surface et que l'eau s'évapore, une accumulation des sels dans la rhizosphère et à la surface du sol est inévitable (Alberta Environnement, 2001).

### Types de sols

La percolation à travers du sol ainsi que le ruissellement de surface de l'eau salée dépend inévitablement des types de sols qui caractérisent le lieu de dépôt de déblais de dragage, tel que mentionné précédemment dans la section 4.2.1.

Les sédiments dragués en provenance du golfe Saint-Laurent sont, la plupart du temps, composés en grande partie de sable. Ces sédiments grossiers permettent donc une infiltration d'eau assez rapide. Lorsque les déblais proviennent des havres, on retrouve un pourcentage plus important de particules fines, c'est-à-dire du limon et de l'argile (TPSGC, 2007a, TPSGC, 2007b, St-Laurent, 2008). Ces particules retiennent plus facilement l'eau et ralentissent donc la lixiviation de l'eau salée.

En ce qui concerne les sols de la région à l'étude, il est difficile de généraliser sur leur composition. En effet, la côte gaspésienne est très hétérogène en termes de textures de sol. On retrouve autant de caps rocheux que d'endroits où la matière organique est dominante. Toutefois, il est possible d'affirmer que les Îles-de-la-Madeleine sont recouvertes d'une prédominance de sable (St-Laurent, 2008; CBJ Environnement, 2006).

**ANNEXE 3 –CELLULE DE CONFINEMENT**

Tirée de Gemtec (2006, p.18)

