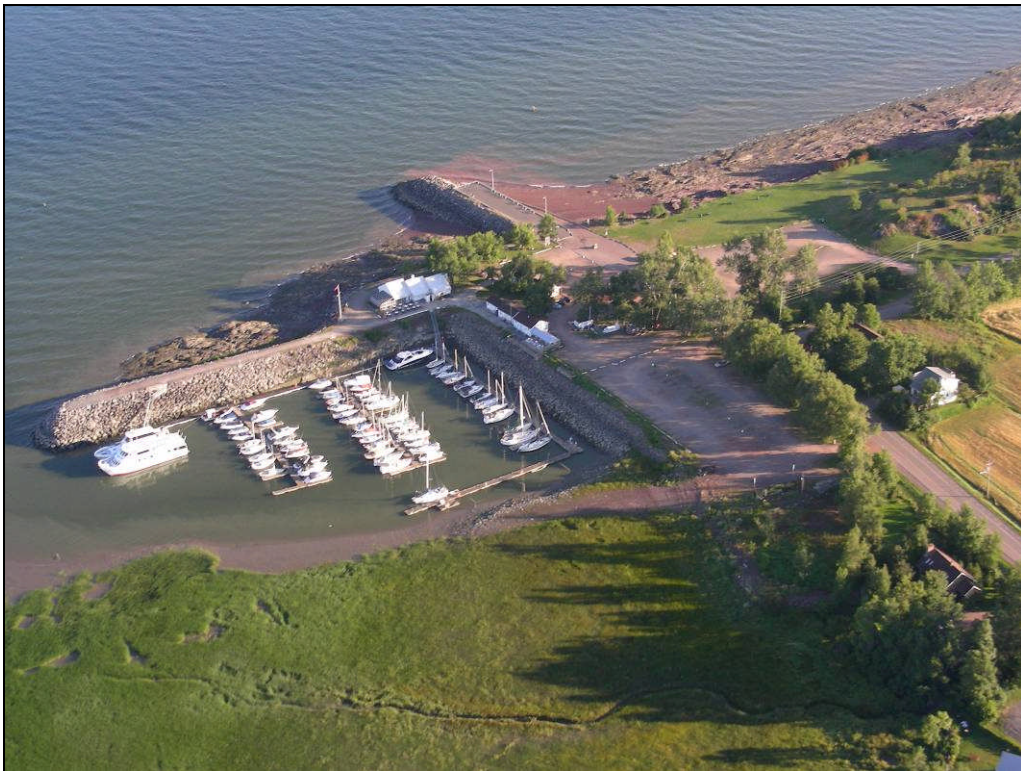


Programme décennal de dragage d'entretien du havre de Berthier-sur-Mer. Étude d'impact environnemental.



Dossier 3211-02-268

Corporation du Havre de Berthier-sur-Mer

Mars 2010

Programme décennal de dragage d'entretien du havre de Berthier-sur-Mer. Étude d'impact environnemental.

Dossier 3211-02-268

Corporation du Havre de Berthier-sur-Mer

Mars 2010

Préparé par :

Marc Pelletier

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	MISE EN CONTEXTE DU PROJET	2
2.1	La corporation du Havre de Berthier-sur-Mer	2
2.2	Description des installations	3
2.3	Historique	3
2.4	Contexte et objectifs du projet	5
2.5	Justification du projet	5
3	ÉTAT INITIAL DU MILIEU RÉCEPTEUR	9
3.1	Zone d'étude	9
3.2	Milieu physique	9
3.2.1	Bathymétrie et topographie	9
3.2.2	Climat	12
3.2.3	Hydrodynamique	15
3.2.4	Glaces	20
3.2.5	Physico-chimie et qualité de l'eau	20
3.2.6	Géologie générale de la zone d'étude	24
3.2.7	Sédimentologie et qualité des sédiments	24
3.3	Milieu biologique	31
3.3.1	Végétation	31
3.3.2	Benthos	34
3.3.3	Poissons	34
3.3.4	Faune avienne	49
3.3.5	Herpétofaune	50
3.3.6	Mammifères	50
3.4	Milieu humain	51
3.4.1	Localisation et géographie	51
3.4.2	Histoire et patrimoine	51
3.4.3	Démographie et contexte régional	52
3.4.4	Occupation du sol et utilisation du territoire	52
3.4.5	Emplois et activités socio-économiques	54
3.4.6	Activités et projets reliés au milieu marin	55
3.4.7	Activités de pêche	57
4	DESCRIPTION DU PROJET ET DES ALTERNATIVES	58
4.1	Équipements de dragage et de mise en dépôt	58
4.1.1	Équipements mécaniques	58
4.1.2	Équipements hydrauliques	60
4.1.3	Dragues spéciales	63

4.1.4	Équipements de transport.....	64
4.1.5	Analyse et sélection des équipements de dragage et de transport	65
4.2	Gestion des matériaux de dragage	67
4.2.1	Dépôt et valorisation en milieu terrestre	68
4.2.2	Dépôt en rive.....	69
4.2.3	Dépôt en eau libre.....	70
4.3	Caractéristiques techniques du projet.....	72
4.3.1	Surfaces et volumes de dragage	72
4.3.2	Technique et équipements de dragage et de transport	73
4.3.3	Mise en dépôt	73
4.3.4	Calendrier de réalisation	74
5	ANALYSE DES IMPACTS ET MESURES D'ATTÉNUATION	75
5.1	Méthodologie.....	75
5.1.1	Composantes du projet représentant des sources d'impact.....	75
5.1.2	Éléments du milieu potentiellement affectés.....	75
5.1.3	Évaluation des impacts.....	76
5.2	Évaluation des impacts	79
5.2.1	Bathymétrie.....	81
5.2.2	Nature du fond	81
5.2.3	Hydrodynamique.....	81
5.2.4	Qualité de l'eau.....	81
5.2.5	Végétation.....	82
5.2.6	Faune benthique.....	82
5.2.7	Faune ichthyenne	83
5.2.8	Faune avienne	84
5.2.9	Qualité de vie.....	84
5.2.10	Utilisation du site.....	84
5.2.11	Activités récréo-touristiques.....	85
5.2.12	Économie locale.....	85
5.3	Mesures d'atténuation et impacts résiduels.....	85
5.4	Impacts cumulatifs.....	86
6	PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI.....	87
6.1	Relevés préliminaires aux travaux	87
6.2	Surveillance des travaux.....	87
6.3	Suivi environnemental.....	87
7	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	89

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1	Statistiques climatiques de la station de Montmagny (station no. 7055210). Période de 1971 à 2000	13
Tableau 3.2	Qualité de l'eau en amont du site d'étude.....	23
Tableau 3.3	Résultats des analyses chimiques et granulométriques	28
Tableau 3.4	Superficie des milieux humides des municipalités de la MRC de Montmagny. ...	32
Tableau 4.1	Sélection des équipements de dragage et de transport	66
Tableau 4.2	Caractéristiques des alternatives de gestion des matériaux dragués.....	67
Tableau 5.1	Grille d'interactions potentielles	76
Tableau 5.2	Matrice de détermination de l'importance de l'impact.....	78

LISTE DES FIGURES

Figure 3-1	Zone d'étude restreinte et bathymétrie générale de la zone d'étude (Tirée de la carte marine 1317 Service Hydrographique du Canada. Profondeur en mètres).	10
Figure 3-2	Carte bathymétrique de la région avoisinante du Havre de Berthier-sur-Mer (Tirée de la carte marine 1317 Service Hydrographique du Canada. Profondeur en mètres.)	11
Figure 3-3	Bathymétrie détaillée du chenal d'accès et de l'entrée du bassin.	12
Figure 3-4	Rose des vents pour la station de Montmagny.....	14
Figure 3-5	Limites amont et aval de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent du secteur à l'étude (indiqué par la flèche). (Source : CSL, 1996a).	15
Figure 3-6	Vitesse du courant dans le secteur fluvial près du site d'étude (indiqué par la flèche) de 1 à 0 heure avant la pleine mer à Québec (Source : Pêches et Océans, 1997).....	18
Figure 3-7	Vitesse du courant dans le secteur fluvial du site d'étude (indiqué par la flèche), de 0 à 1 heure après la basse mer à Québec (Source : Pêches et Océans, 1997)	19
Figure 3-8	Distribution estivale des caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'estuaire moyen dans le fleuve Saint-Laurent. Les flèches indiquent la localisation approximative du secteur à l'étude (Source : Gagnon et al., 1998). .	21
Figure 3-9	Concentrations de matières en suspension (suspended matter - SM) du fleuve Saint-Laurent, dans le secteur de Lévis de 1989 à 1991 (Source : Barbeau et al., 1993)	22
Figure 3-10	Représentation schématique des zones de transport, d'érosion et de sédimentation dans l'estuaire du Saint-Laurent.	25
Figure 3-11	Cartographie des terres humides de la zone d'étude par télédétection (Environnement Canada, 2010) http://mercator.qc.ec.gc.ca/website/mh/mh_1990/fr/viewer.htm)	33

Figure 3-12	Localisation des occurrences télémétriques d'esturgeons noirs juvéniles en 2001 et 2002. Aires globales (kernel 95%), et aires de concentrations (kernel 50%) (tire de Hatin et al ,2007b).....	46
Figure 3-13	Zone de marais à scirpe située à l'intérieur du trou de Berthier et zones dénudées vaseuses à l'intérieur du trou de Berthier et rocheuses à l'extérieur.	47
Figure 3-14	Principaux ensembles géographiques et utilisation du sol.	53
Figure 4-1	Drague à benne preneuse	59
Figure 4-2	Drague rétrocaveuse	60
Figure 4-3	Drague suceuse à tête désagrégatrice.....	61
Figure 4-4	Drague suceuse porteuse à élinde trainante.	62
Figure 4-5	Sites de dépôt en eau libre.	71
Figure 4-6	Localisation du site de mise en dépôt du Havre de Berthier-sur-Mer	73

LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

BSM	Berthier-sur-Mer
CEO	Concentration d'effets occasionnels
CSL	Centre Saint-Laurent (Environnement Canada)
CHBSM	Corporation du Havre de Berthier-sur-Mer
ÉIE	Étude d'Impact Environnemental
HBSM	Havre de Berthier-sur-Mer
MDDEP	Ministère du Développement Durable, l'Environnement et des Parcs
MES	Matière en suspension
MPO	Ministère des Pêches et Océans Canada
ONG	Organisation Non Gouvernementale
SEM	Seuil d'effet mineur
SEN	Seuil d'effets néfastes

1 INTRODUCTION

La Corporation du Havre de Berthier-sur-Mer inc. (CHBSM) veut effectuer des travaux de dragage périodiques dans le bassin et le chenal d'entrée du Havre de Berthier-sur-Mer. L'objectif du projet est d'assurer des profondeurs d'eau adéquates et sécuritaires pour les opérations courantes de la marina. En calculant la moyenne annuelle des volumes historiques excavés pour l'entretien depuis l'ouverture de cette marina on obtient un volume annuel de l'ordre de 6 000 m³ sur une superficie totale de près de 18 000 m².

Ce projet est assujéti à la procédure d'évaluation des impacts sur l'environnement en vertu de la section IV.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* [L.R.Q., Q-2] et de l'article 2b du *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* [Q.2, r.9]. Conformément à l'article 31.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*, ce document constitue l'étude d'impact sur l'environnement nécessaire à l'obtention d'un décret du Conseil des ministres. L'étude d'impact a été préparée en conformité avec la directive finale du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), datée du mois d'octobre 2009.

2 MISE EN CONTEXTE DU PROJET

2.1 LA CORPORATION DU HAVRE DE BERTHIER-SUR-MER

La Corporation du Havre de Berthier-sur-Mer inc. (CHBSM) est propriétaire et responsable de la gestion des infrastructures du Havre de Berthier-sur-Mer. Elle exploite un port de plaisance et de refuge, un restaurant et une desserte maritime tout en favorisant le développement récréotouristique du site du Havre de Berthier-sur-Mer (HBSM). Cette société est constituée en vertu de la partie III de la loi sur les compagnies du Québec et représente un organisme sans but lucratif. La CHBSM est formée d'un conseil d'administration de sept membres bénévoles, dont un président, un vice-président, un secrétaire-trésorier et trois administrateurs. Les coordonnées de l'initiateur du projet sont les suivantes :

Corporation du Havre de Berthier-sur-Mer inc. (CHBSM)

100 rue de la Marina
Berthier-sur-Mer (Québec), G0R1E0
(418) 259-2953
Monsieur Jean Mercier Bernier, président
havrebsm@globetrotter.net

Le consultant en environnement mandaté pour la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement de ce projet est Marc Pelletier Expert en Environnement Aquatique, dont les coordonnées sont les suivantes :

Marc Pelletier

1777 chemin du fleuve
Saint-Romuald (Qué) G6W 1Z6
418-951-2363
marcp@sympatico.ca

2.2 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

Le Havre de Berthier-sur-Mer (HMSM) opère depuis 21 ans la marina de Berthier-sur-Mer située dans l'anse de Berthier-sur-Mer (ou plus communément appelé trou de Berthier). Ce site se trouve dans la municipalité de Berthier-sur-Mer de la MRC de Montmagny sur les lots 112-1 et 112-2 du cadastre de Berthier-sur-Mer aux coordonnées approximatives suivantes :

- Longitude : 70° 44' 13.99 "
- Latitude : 46° 56' 01.09 "

Le HBSM comptait 331 membres en 2008 dont 33 membres actifs et disposant d'une place à quai et 32 usagers saisonniers. Le HBSM compte aussi un membre corporatif soit les Croisières Lachance qui opèrent deux navires de croisières ayant le HBSM comme port d'attache le Lachance III et le Vent des Iles. Le HBSM est la seule marina accessible en tout temps à marée basse entre la marina de St-Michel de-Bellechasse à 15km à l'Ouest et la marina de Cap à l'Aigle à 95km vers l'Est soit un secteur de près de 110 km. En effet les marinas de Montmagny et de Saint-Jean-Port-Joli ne sont pas accessibles à marée basse.

Le site comprend 82 places à quai et un quai réservé aux opérations des Croisières Lachance. Il comprend aussi un quai de services avec pompe et réservoir d'essence. Les bâtiments comprennent un restaurant/bar avec terrasses, la capitainerie, un bureau, une buanderie, des toilettes publiques et des bâtiments dont un atelier et un guichet pour les croisières. Le site se trouve à proximité d'un ancien quai et d'une plage utilisés par les touristes et les résidents.

Le bassin est accessible par un chenal d'accès de 200m de long par 30m de largeur. Le bassin intérieur est isolé par un brise-lames de 125m de longueur et s'étend sur une surface de près de 10 000 m².

2.3 HISTORIQUE

La corporation du Havre de Berthier-sur-Mer (CHBSM) a été formée le 24 avril 1979. Dès les premières années, la corporation s'est porté acquéreur de pontons et brise-lames flottants (1980), du terrain (1982) et d'un casse-croute (1983). Malgré certaines difficultés financières en 1986, la corporation obtenait en 1987 une subvention importante pour la création du bassin par dragage et la construction des infrastructures maritimes et terrestres. Le projet de développement d'un port de plaisance à Berthier-sur-Mer était alors divisé en 3 phases permettant d'augmenter progressivement la capacité d'accueil du havre.

Pour réaliser ces travaux la CHBSM obtenait en 1988 par décret qu'un certificat d'autorisation soit délivré pour l'implantation d'un port de plaisance à Berthier-sur-Mer et que les certificats d'autorisation des dragages subséquents réalisés avant l'année d'achèvement des travaux fixée à 1993 soient émis suite à la production d'un rapport sur la qualité des sédiments. Toutes les phases du projet d'implantation du port devaient alors être réalisées avant la fin de l'année 1993.

Suite à l'obtention d'un certificat d'autorisation, un premier dragage de capitalisation fut réalisé en 1988 ainsi que la construction du brise-lames pour une capacité d'accueil initiale de 25 places à quai. Un deuxième dragage de 7288 m³ en 1991 permit d'augmenter la capacité du bassin intérieur à 70 places. En 1992 un dragage d'entretien de 15000 m³ a été réalisé sur une superficie de 7900 m² dans le chenal d'entrée et une partie du bassin et les déblais de dragage furent placés au site de dépôt de l'Île Madame.

En 1994 un dragage supplémentaire d'une superficie de 1000 m² et d'un volume de 2700 m³ visait l'agrandissement du bassin de mouillage afin d'augmenter la capacité à 82 places à quai. En 1995 un nouveau décret modifiait la date d'achèvement des travaux d'implantation du port de plaisance et repoussait celle-ci de 10 ans soit avant la fin de l'année 2005.

En 1997 un certificat d'autorisation a été émis pour le dragage d'entretien d'une superficie de 17 710 m² et d'un volume de 36 065 m³ pour maintenir les profondeurs adéquates dans le chenal d'entrée et dans le bassin de mouillage. Puis en 2002 un certificat d'autorisation a été émis pour le dragage d'un volume de 38 000 m³ pour maintenir les profondeurs adéquates dans le chenal d'entrée et dans le bassin de mouillage.

Le dernier dragage d'entretien a été fait en 2006 sur une superficie de 3500 m² et pour un volume de 7600 m³ dans le chenal d'entrée et l'entrée du bassin.

Voici la synthèse des principaux travaux réalisés à date :

- Phase 1 (1987-1990)
 - Dragage et excavation initiale du bassin (1988-25 places);
- Phase 2 (1991-1993)
 - Dragage et excavation supplémentaire du bassin (1991-70 places);
 - Dragage d'entretien du chenal et de l'entrée du bassin (1992);
 - Consolidation du brise-lames;
 - Réfection, aménagement et agrandissement des infrastructures terrestres.
- Phase 3 (1994-aujourd'hui)
 - Dragage et excavation supplémentaire du bassin (1994-82 places);
 - Consolidation du brise-lames;
 - Rénovation, agrandissement et réfection des installations;
 - Réfection de la digue;
 - Dragage d'entretien du chenal et de l'entrée du bassin (2002 et 2006).

Finalement un certificat d'autorisation a été émis le 9 juin 2009 pour des travaux de dragage d'entretien du chenal et de l'entrée du bassin pour un volume de 10 000 m³ sur une superficie d'environ 4 500 m². Ce dragage n'a pas été réalisé encore faute de financement insuffisant.

2.4 CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

À la suite de l'obtention du dernier certificat d'autorisation pour des travaux de dragage d'entretien et d'échanges avec le MDDEP, il est devenu clair pour les administrateurs de HBSM qu'il fallait mieux planifier les opérations de dragage pour les années à venir et obtenir les autorisations environnementales pour un programme décennal de dragage d'entretien du chenal d'accès et du bassin intérieur. Ce programme vise donc à assurer les profondeurs d'eau adéquates et sécuritaires pour les opérations courantes de la marina tout en réduisant les impacts environnementaux associés.

2.5 JUSTIFICATION DU PROJET

L'étude d'impact du projet de création du port de refuge et de plaisance de Berthier-sur-Mer (Harold Sohier & associés, 1988a) avait statué que l'anse de Berthier-sur-Mer (ou plus communément appelé trou de Berthier) était caractérisé par un équilibre sédimentaire c'est-à-dire que cette zone ne subissait globalement ni érosion ni sédimentation. Une évaluation plus complète des processus sédimentologiques aux sites de dragage et de mise en dépôt (Harold Sohier et associés, 1988b) avait conclu que :

- L'intervalle entre les dragages du bassin intérieur de mouillage serait supérieur à une fois tous les 5 ans;
- L'intervalle entre les dragages du chenal d'accès varierait de 1 fois par an à 1 fois par deux ans;
- Les pentes seraient instables durant les premières années après la construction puis deviendraient plus stables;
- Les sédiments déposés au site de l'île Madame seraient entraînés en direction aval soit vers les îles de Montmagny. Les sédiments fins seraient incorporés au bouchon de turbidité naturel de l'estuaire moyen du Saint-Laurent et les sables sédimenteraient à proximité.

L'historique des travaux de dragage synthétisé au tableau 2.1 montre l'évolution des volumes et surfaces de dragage ainsi que la récurrence de tels travaux depuis 1988. Si on exclut les trois dragages de capitalisation effectués en 1988, 1991 et 1994, quatre dragages d'entretien ont été réalisés soit en 1992, en 1997, en 2002 et en 2006. La récurrence fût donc de 4 à 5 ans et le volume moyen fut de 16 423 m³ soit un volume annuel moyen de 5474 m³ (période considérée de 1991 à 2006- 15 années). La surface moyenne des dragages d'entretien est de 11778 m². Cette récurrence correspond donc aux premiers estimés de 1988. Cependant l'entretien portait surtout sur l'entretien du chenal d'accès et l'entrée du bassin et excluait le bassin lui-même. Les profondeurs de dragage variaient de 2,0 dans le bassin à 2,5 et jusqu'à 3,5m dans le chenal d'accès.

L'entretien complet du chenal et du bassin implique donc une surface largement supérieure à 5 000 m². Une surface de dragage supérieure à 5 000 m² est un des éléments obligeant le promoteur à respecter l'article 31.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement et à produire une étude d'impact sur l'environnement nécessaire à l'obtention d'un décret du Conseil des ministres.

Tableau 2.1 Historique des dragages

Année	Quantité de dragage	
	Surface	Volume
	m ²	m ³
1988*	26300	60000
1991	2000	7288
1992	7900	15000
1994	1000	3500
1997	17710	22750
2002	18000	28265
2006	3500	16100
Statistiques		
Somme capitalisation et entretien	76410	152903
Moyenne annuelle		8495
Moyenne par dragage	10916	21843
Somme entretien	47110	82115
Moyenne annuelle		5474
Moyenne par dragage	11778	16423

1988* quantité estimée

dragage de capitalisation

dragage d'entretien

Le chenal d'entrée totalise environ 6 000 m² et le bassin fait près de 10 000 m². La cote de dragage est de 3,5m dans le chenal et l'entrée du bassin pour satisfaire aux opérations des Croisières Lachance et de 3,0m dans la partie intérieure du bassin. Ces profondeurs sont exprimées par rapport au zéro de la carte marine.

L'entretien du chenal d'accès et de l'entrée du bassin est nécessaire pour les opérations courantes du Havre de Berthier-sur Mer. Ces opérations se divisent en deux catégories soient les opérations commerciales des Croisières Lachance et les opérations liés à la navigation de plaisance. La navigation liée aux opérations des navires de croisières nécessite une profondeur d'eau minimale de 3,5 m soit :

- Le tirant d'eau des navires 2,5m;
- Un dégagement supplémentaire de 1,0 m qui tient compte de l'état d'agitation de la mer, des niveaux extrêmes et d'un facteur de sécurité pour éviter l'entraînement de particules dans le système de refroidissement des moteurs.

Les tirants d'eau nécessaires à la navigation de plaisance sont généralement inférieurs à 2,5m mais les plus gros voiliers munis d'une quille (quillard) ont un tirant d'eau équivalent à celui de navires de croisières. Cependant puisque les déplacements des navires de plaisance ne sont pas restreint à un horaire fixe et rigide, un dégagement supplémentaire de 0,5m est suffisant pour tenir compte d'autres facteurs climatiques.

Bien que les opérations de navigation de plaisance puissent en générale être plus flexibles quant à l'horaire des sorties, l'horaire fixe des croisières exigent que les profondeurs d'eau nécessaires au passage des navires soient assurées en tout temps.

Quant aux solutions à long terme qui pourraient permettre une diminution du phénomène de sédimentation dans le chenal et le bassin, le contexte sédimentologique de la côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent et les expériences passées dans les autres ports et marinas n'ont pas révélé de solutions réalistes à date.

3 ÉTAT INITIAL DU MILIEU RÉCEPTEUR

3.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude d'impact environnemental du programme de dragage d'entretien du Havre de Berthier-sur-Mer porte essentiellement sur les zones de dragage et de mise en dépôt des matériaux à draguer.

De façon générale, la zone d'étude doit couvrir tous les éléments du milieu qui risquent d'être affectés par le projet, particulièrement le milieu marin et côtier et tout ce qui s'y rattache. De plus, la portée potentielle du panache de dispersion dans le milieu aquatique est un aspect important à considérer. Enfin, la présence de zones de préservation ou sensibles à proximité du site constitue un élément particulier à prendre en compte.

Pour les besoins de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE), deux zones d'étude sont proposées tel que montrées sur la figure 3.1. La zone d'étude restreinte s'étend en milieu marin le long du littoral, depuis la Pointe de Saint-Vallier à l'ouest jusqu'à la Pointe Saint-Thomas à l'est. Elle comprend donc les sites de dragage et de mise en dépôt potentiels et un rayon d'impact potentiel d'environ 4 km vers l'amont et 8 km vers l'aval ceux-ci.

Afin de tenir compte des impacts potentiels du projet sur le milieu social, une zone d'étude élargie est définie. Celle-ci couvre toute la zone estuarienne entre les municipalités de Saint-Michel-de-Bellechasse à l'ouest et Montmagny à l'est.

3.2 MILIEU PHYSIQUE

Cette section présente tous les éléments du milieu physique dans la zone d'étude restreinte et élargie afin de bien décrire le milieu d'insertion du projet et les éléments susceptibles d'être affectés ou affectant directement la nature du projet.

3.2.1 Bathymétrie et topographie

La figure 3.1 présente la carte marine de cette section du fleuve Saint-Laurent où se situe le Havre de Berthier-sur-Mer. Cette section est localisé à la limite de l'estuaire fluvial et de l'estuaire moyen du Saint-Laurent qui commence à la pointe est de l'île d'Orléans. À cet endroit le fleuve s'élargit et passe d'une largeur de 1km à Québec à 18km à la hauteur de Montmagny et passe d'une zone d'eau douce à une zone d'eau saumâtre.

À la hauteur de Berthier-sur-Mer, le fleuve est divisé en chenaux. Le Chenal du Sud dont la largeur est d'environ 2 km et la profondeur maximale de 12m longe la rive sud et se prolonge vers les îles de l'Archipel de Montmagny (Grosse-Île, Île Sainte-Marguerite, Îles aux Grues). Le chenal principal ou chenal de navigation est entretenu par dragage à une profondeur de 12,5m sur une largeur de 300m. À cet endroit le chenal passe de la rive sud à la rive nord le long de ce qui est appelée la Traverse du Nord.

Le chenal de l'île d'Orléans est le plus au nord et est situé entre l'île d'Orléans et la rive nord. Il est caractérisé par des profondeurs maximales de plus de 15m. À partir de la pointe est de l'île d'Orléans il rejoint en aval la Traverse du Nord pour former le chenal Nord. Le Chenal du Sud et la traverse du Nord sont séparés à la hauteur de Berthier-sur-Mer par l'île Madame qui s'étire sur près de 2,6 km de longueur par 0,5 km de largeur.

Le trou de Berthier où se situe le HBSM est une zone découverte à marée basse de forme semi-circulaire. Seuls le chenal d'accès et le bassin dragué ont des profondeurs supérieures au zéro des cartes marines (figure 3.2)

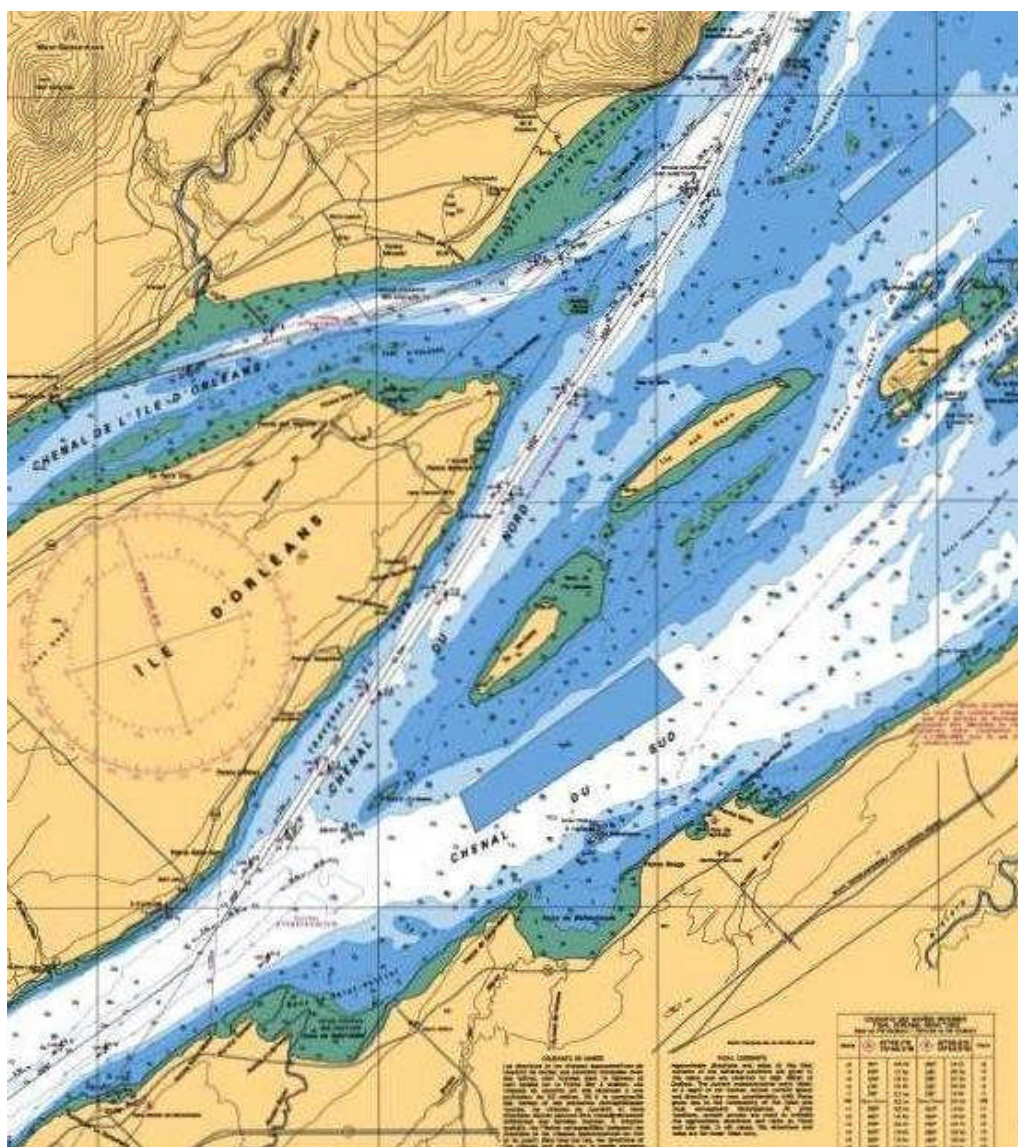


Figure 3-1 Zone d'étude restreinte et bathymétrie générale de la zone d'étude (Tirée de la carte marine 1317 Service Hydrographique du Canada. Profondeur en mètres).

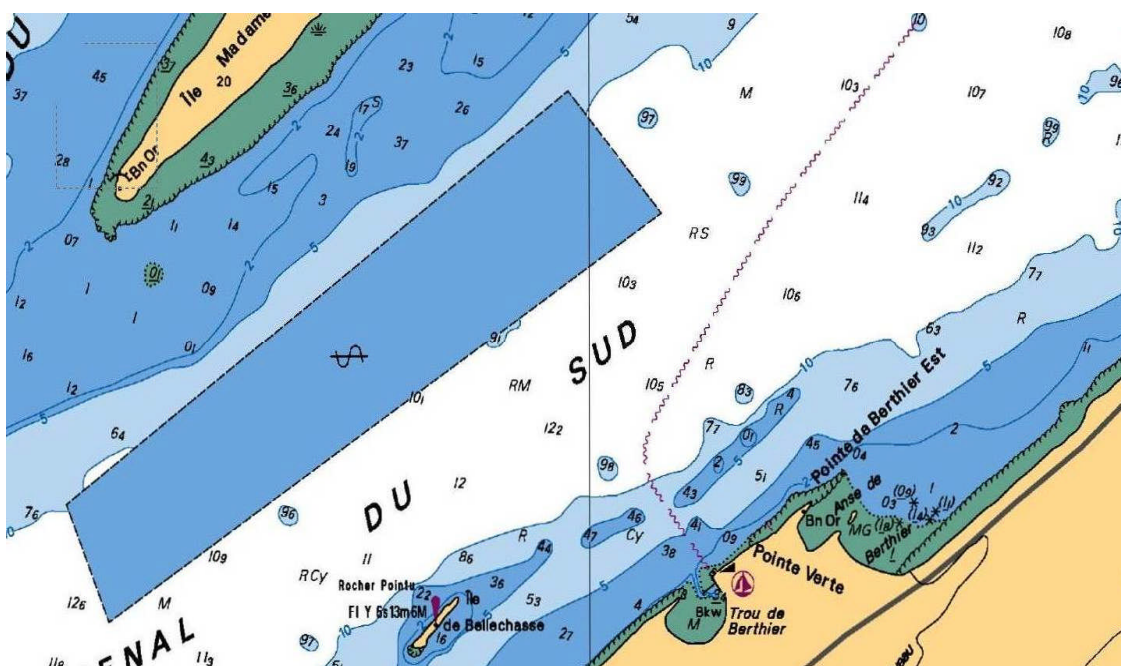


Figure 3-2 Carte bathymétrique de la région avoisinante du Havre de Berthier-sur-Mer (Tirée de la carte marine 1317 Service Hydrographique du Canada. Profondeur en mètres.)

La figure 3.3 illustre la dernière bathymétrie réalisée dans le cadre de la dernière demande de certificat d'autorisation pour un dragage d'entretien en mai 2009.

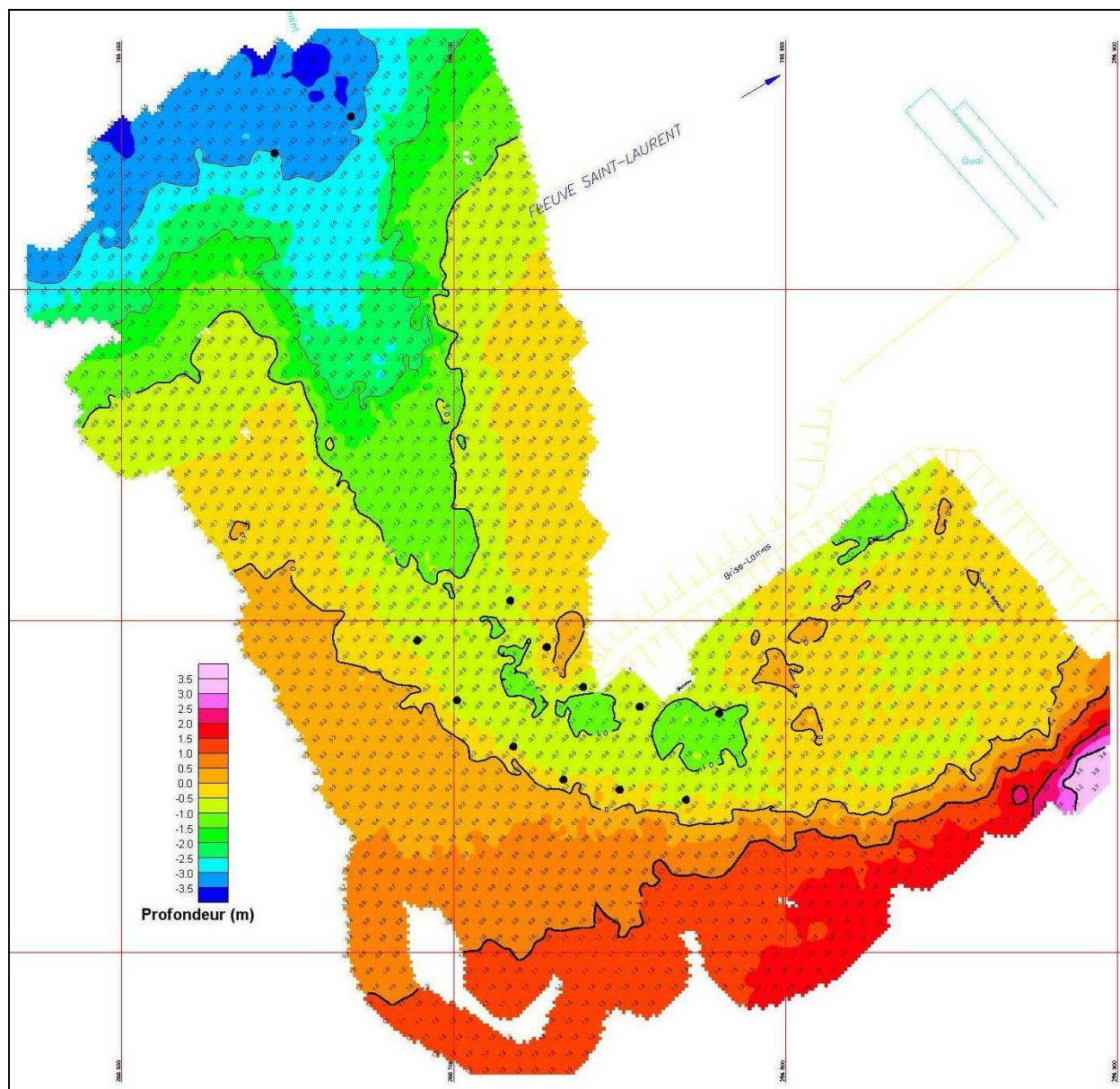


Figure 3-3 Bathymétrie détaillée du chenal d'accès et de l'entrée du bassin.

3.2.2 Climat

3.2.2.1 Température et précipitations

La station la plus représentative des données sur la température et les précipitations se situe à Montmagny. Pour la période entre 1971 et 2000, les températures mensuelles moyennes à Montmagny ont varié entre $-11,9^{\circ}\text{C}$ en janvier et $19,2^{\circ}\text{C}$ en juillet (Environnement Canada, 2009) avec un minimum extrême de -37°C en janvier 1981 et un maximum extrême de 36°C en juillet 1983. Les précipitations moyennes sont de 1153 mm par année soient 885 mm sous forme de pluie et 87,6 cm sous forme de neige (voir tableau 3.1).

Tableau 3.1 Statistiques climatiques de la station de Montmagny (station no. 7055210). Période de 1971 à 2000

	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	année	code ¹
Température														
Moyenne quotidienne (°C)	-11,9	-10	-4,3	3	10,7	16,3	19,2	18	12,9	6,5	-0,2	-8	4,4	A
Écart type	2,6	2,3	1,8	1,4	1,6	1,4	1,2	1,1	1,2	1,4	1,3	2,7	1,1	A
Maximum quotidien (°C)	-7,2	-5,2	0,4	7,5	16,2	21,9	24,8	23,4	17,7	10,7	3,3	-3,8	9,1	A
Minimum quotidien (°C)	-16,5	-14,8	-8,9	-1,5	5,1	10,7	13,6	12,6	8	2,2	-3,7	-12,1	-0,5	A
Maximum extrême (°C)	14	13	19	30	32,2	35	36	33,3	30,5	24,5	22	21		
Date (aaaa/jj)	1996/19	1981/22	1987/30	1990/27	1977/22+	1988/15	1983/04	1975/01+	1983/06+	1983/01	1996/08	1980/15		
Minimum extrême (°C)	-37	-31,7	-32	-19	-6,1	-2,5	2	1	-4,5	-7,8	-20	-32		
Date (aaaa/jj)	1981/04	1972/23	1989/08	1982/06	1966/07+	1982/04	1982/04	1981/25+	1980/29	1978/30	1978/27	1980/25+		
Précipitations														
Chutes de pluie (mm)	17,5	10,9	31,9	68,2	101,2	105,2	129,2	119,2	115,6	102,9	64,2	19,5	885,4	A
Chutes de neige (cm)	67,6	50,8	41,4	12,9	0,3	0	0	0	0	0,7	26,3	68,1	268,1	A
Précipitation (mm)	85,1	61,7	73,3	81,1	101,5	105,2	129,2	119,2	115,6	103,6	90,4	87,6	1153,5	A
Moyenne couverture de neige (cm)	44	58	56	12	0	0	0	0	0	0	2	20		D
Médiane couverture de neige (cm)	44	56	57	7	0	0	0	0	0	0	1	17		D
Couverture de neige, fin de mois (cm)	55	60	40	0	0	0	0	0	0	0	5	34		D
Extrême quotidienne de pluie (mm)	43,2	35	51	64,2	63,2	69,4	82,2	80	62,2	64,8	40,9	36,2		
Date (aaaa/jj)	1999/18	1996/21	1983/19	1996/16	1969/08	1999/02	1996/19	1981/05	1996/14	1976/09	1963/02	1996/01		
Extrême quotidienne de neige (cm)	45	32	31,8	22,9	6,4	0	0	0	0	7	30	45		
Date (aaaa/jj)	1999/15	1984/28	1971/07	1979/06	1976/07	1963/01+	1963/01+	1963/01+	1963/01+	1997/22	1986/21	1989/16		
Extrême quotidienne de précipitation (mm)	45	35	51	64,2	63,2	69,4	82,2	80	62,2	64,8	40,9	45		
Date (aaaa/jj)	1999/15	1996/21	1983/19	1996/16	1969/08	1999/02	1996/19	1981/05	1996/14	1976/09	1963/02	1989/16		
Extrême quotidienne couverture de neige (cm)	102	110	113	80	0	0	0	0	0	3	35	95		

¹ "A": Pas plus de 3 années consécutives ou de 5 années au total manquantes entre 1971 et 2000.

"D": Au moins 15 années de données entre 1971 et 2000.

source Environnement Canada

<http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/>

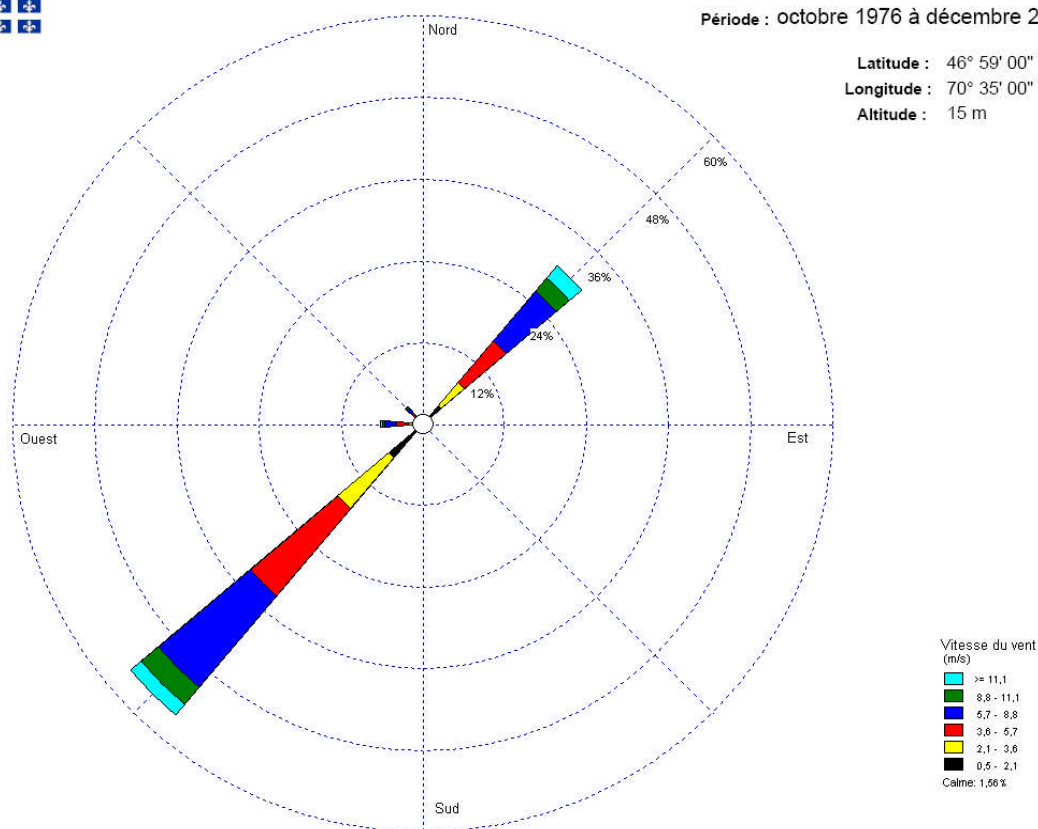
3.2.2.2 Vents

Des données anémométriques ont été enregistrées entre 1976 et 2009 à Montmagny à la station météorologique d'Environnement Canada n°70552120 (MDDEP, 2009). Ces données montrent que les vents du sud-ouest et du nord-est sont dominants avec, respectivement, 56% et 30% des observations. Au printemps les vents du nord-est dominant et représentent 45% des observations alors que les vents du sud-ouest dominant au cours du reste de l'année, atteignant 65% en hiver. Les vitesses moyennes pour les vents dominants sont de 22 km/h (nord-est) et 20 km/h (sud-ouest). La vitesse moyenne maximale est enregistrée en janvier en provenance du nord-ouest avec 32 km/h. La fréquence et la vitesse moyennes selon les directions et les mois de l'année sont présentées au tableau 3.1 illustrées à la figure 3.4.



Station : Montmagny
7055210 Observateur
Période : octobre 1976 à décembre 2009

Latitude : 46° 59' 00"
Longitude : 70° 35' 00"
Altitude : 15 m



Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs - Direction du suivi de l'état de l'environnement

2009-12-09

Figure 3-4 Rose des vents pour la station de Montmagny

3.2.3 Hydrodynamique

Cette section décrit les composantes physiques du milieu aquatique soient le débit fluvial, les marées et les courants.

La zone à l'étude est située à la limite aval de l'estuaire fluvial et au début de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. L'estuaire fluvial s'étend sur 160 km à partir de l'extrémité est du lac Saint-Pierre (Pointe-du-Lac) jusqu'à la pointe est de l'île d'Orléans (Figure 3.5). Cette région hydrographique est caractérisée par la présence d'eau douce et d'eau légèrement saumâtre, de marées parfois fortes et par un corridor fluvial peu sinueux. La largeur de l'estuaire fluvial varie de 870 m, au pont de Québec, à 15 km à l'extrémité est de l'île d'Orléans.

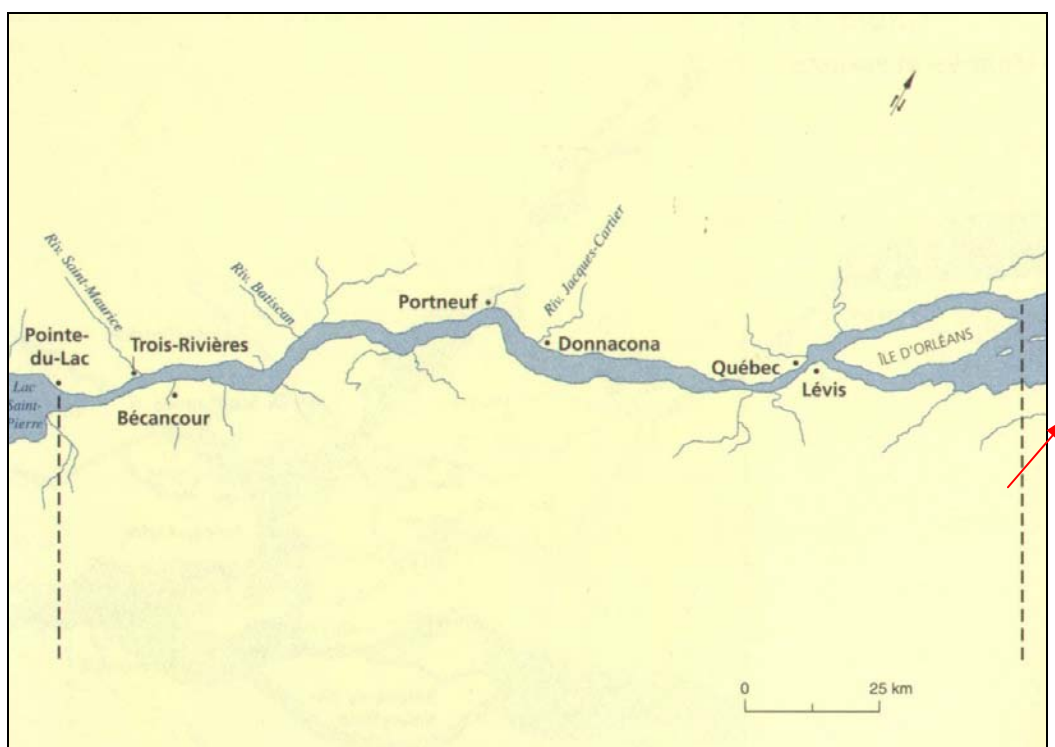


Figure 3-5 Limites amont et aval de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent du secteur à l'étude (indiqué par la flèche). (Source : CSL, 1996a).

3.2.3.1 Débit fluvial

À la hauteur de Québec, le fleuve Saint-Laurent a un débit moyen de $12\,309\text{ m}^3/\text{s}$. Ce débit fluctue selon les variations saisonnières du débit des tributaires importants situés en amont (Outaouais, Saint-Maurice) et la régularisation du débit du fleuve en amont par les barrages (Moses-Saunders, Long-Sault, Iroquois, Beauharnois et Les Cèdres). Les débits minimaux se produisent généralement en fin d'été et en février avec un débit mensuel moyen d'environ $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ alors que les débits de crue en avril représentent un débit mensuel moyen pouvant atteindre $17\,000\text{ m}^3/\text{s}$. Il est à noter que 90% de ce débit passe par le chenal situé au sud de l'île d'Orléans qui passe dans la zone d'étude.

3.2.3.2 Marées

Le régime hydraulique de la zone d'étude est fortement influencé par la marée. Ainsi le débit tidal c'est à dire le débit d'eau introduit par la marée à Québec est suffisamment important pour inverser complètement les courants vers l'amont. Il peut atteindre 8 500 m³/s vers l'amont.

Les marées de l'estuaire du Saint-Laurent ont un caractère semi-diurne, c'est-à-dire qu'elles comprennent deux oscillations complètes par jour. Chaque oscillation s'étend sur une période moyenne de 12h25 minutes (Pêches et Océans, 1997). La marée est le facteur le plus important dans le contrôle du niveau d'eau à Québec. L'onde de marée subit une forte amplification dans sa progression dans l'estuaire entre Rivière-du-Loup et Portneuf. C'est dans le secteur de Québec-Lévis que les marées sont les plus importantes de tout l'estuaire du Saint-Laurent. L'amplitude moyenne de la marée à Québec est de 4,4 m; la marée haute extrême atteint plus de 7 m d'élévation soit une amplitude supérieure à 8 m.

La marée dans la région de Québec présente la particularité d'être asymétrique. Cette asymétrie se traduit par une durée inégale du flot relativement au jusant. L'asymétrie est causée par des facteurs physiques dont le rétrécissement du fleuve et une diminution de la profondeur du fleuve dans ce secteur. La durée du flot et du jusant est aussi influencée par le débit fluvial. Pour des conditions de marée moyenne et de débit fluvial moyen, l'écoulement complet de la marée montante (le flot) se produit durant 4,5 à 5,5 heures, alors que le reflux (le jusant) dure entre 7,5 et 8,3 heures. L'amplitude des marées moyennes dans la région de Québec est de 4,4 m, de 4,7 m à l'île d'Orléans et de 4,6m à Berthier-sur-Mer (tableau 3.2).

Tableau 3.2 Données de marée à différents sites d'intérêt (en fonction du zéro marégraphique)

Site	Québec (Lauzon)	Saint-Laurent (île d'Orléans)	Berthier-sur-Mer
Carte marine	1316	1317	1317
Niveau moyen de l'eau (m)	2,6	2,5	2,9
Amplitude de marée (m)			
-Marée moyenne	4,4	4,7	4,6
-Grande marée	5,9	6,3	6,1
Niveaux d'eau extrêmes (m)			
-Bas	-1,3	-0,1	0,5
-Haut	7,1	6,6	6,6
Vitesse maximale des courants (nœuds)			
-Flot	3,0	3,0	3,0
-Jusant	4,0	4,5	4,0

(Source : <http://marees-tides.gc.ca>).

3.2.3.3 Courants et circulation générale

L'intensité et la direction des courants dans le Saint-Laurent dans la région de Québec sont assujetties à la marée et au débit fluvial (Pêches et Océans Canada, 1997). Le débit fluvial dans le Saint-Laurent peut varier largement d'une saison à l'autre. Ces variations entraînent des changements dans la vitesse de propagation de la marée et des temps prédits pour les étales. De plus, les courants de marée sont influencés par la bathymétrie et par la densité des masses d'eau, elle-même liée aux changements de la température et de la salinité.

De nombreuses mesures acquises depuis 1939 et l'utilisation de modèles de simulation numérique ont permis de réaliser une cartographie des courants du fleuve Saint-Laurent entre Cap de Bon-Désir et Trois-Rivières (Pêches et Océans, 1997). La carte des courants pour la région de Québec-Berthier-sur-Mer est présentée aux figures 3.6 et 3.7 pour les conditions de flot (marée montante) et de jusant (marée baissante).

Les courants indiqués sont les courants de surface; ils représentent la vitesse et la direction instantanée lors de conditions de marée moyenne en eau libre de glace. Ces courants sont également représentatifs des conditions climatiques moyennes rencontrées durant la saison estivale (de juin à septembre). De façon générale, les vents moyens produisent des courants d'une intensité faible.

De façon générale, les courants sont maximaux juste avant la basse mer dans la région de Québec. À ce moment la vitesse des courants de marée dans le chenal du Sud à plus de 1km au large du Havre de Berthier-sur-Mer varie de 1 à 2 nœuds¹ (nd), soit de 0,5 à 1,0 m/s. Au même moment dans la zone côtière entre l'entrée du HBSM et le chenal, le courant est inférieur à 1 nœud (figure 3.6)

Dans les heures justes avant la pleine mer à Québec, les courants remontant vers l'amont sont maximaux. Des courants de l'ordre de 2 nœuds vers l'amont sont présents au centre du chenal alors qu'un contre courant dirigé vers l'aval de moins de 1 nœud est présent dans la zone située entre le chenal et l'entrée du HBSM (figure 3.7).

Il est à noter que les variations de courant aux échelles de moins d'un demi-kilomètre ne sont pas prises en compte. C'est la moyenne des courants dans un rayon d'environ un kilomètre, qui est représenté.

¹ 1 noeud = 1 mille nautique à l'heure = 1,85 km/h = 0,51 m/s.

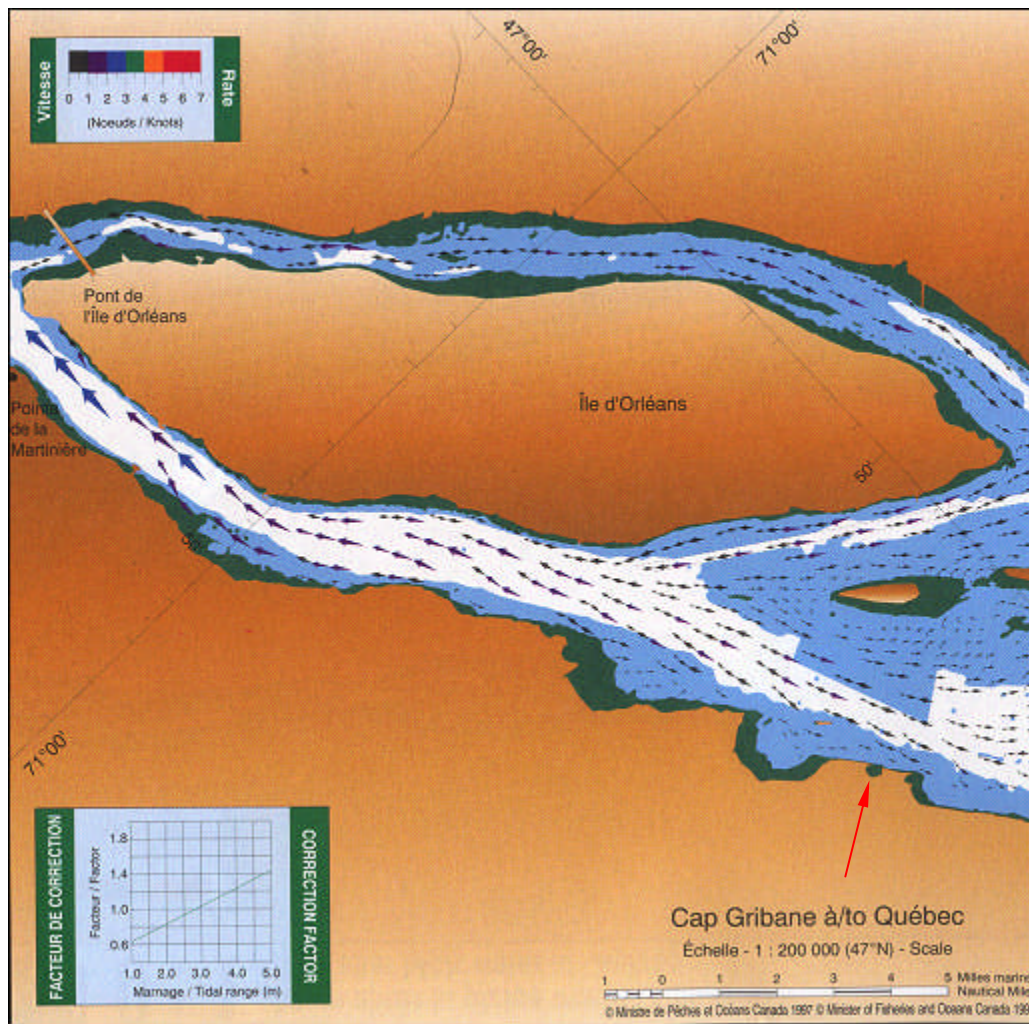


Figure 3-6 Vitesse du courant dans le secteur fluvial près du site d'étude (indiqué par la flèche) de 1 à 0 heure avant la pleine mer à Québec (Source : Pêches et Océans, 1997)

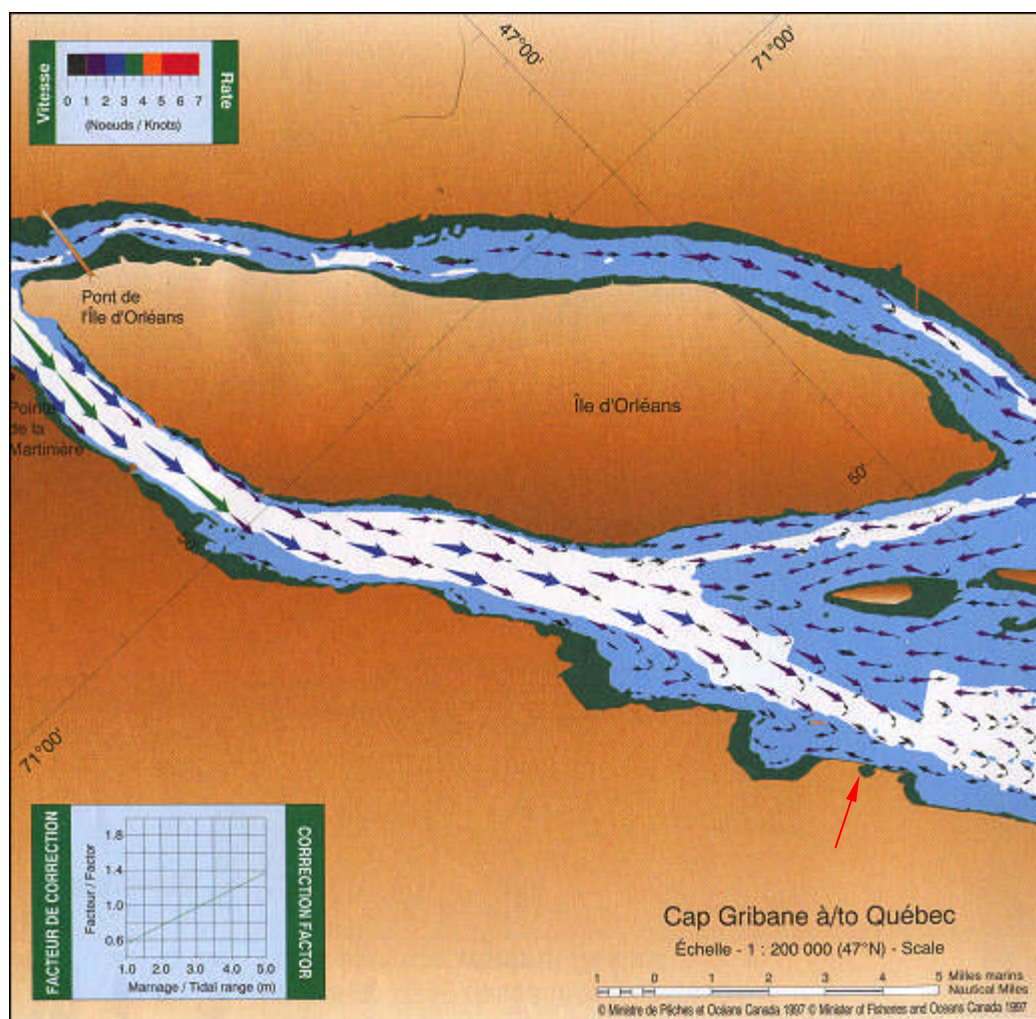


Figure 3-7 Vitesse du courant dans le secteur fluvial du site d'étude (indiqué par la flèche), de 0 à 1 heure après la basse mer à Québec (Source : Pêches et Océans, 1997)

3.2.3.4 Vagues

Les directions dominantes des vents dans ce secteur du fleuve sont parallèles à l'axe principale du fleuve soit sud-ouest et nord-est. La hauteur des vagues générées est directement fonction de la vitesse du vent, de la durée et de la distance d'eau libre où les vagues peuvent croître. Une reconstitution du climat des vagues dans le secteur de Saint-Michel-de-Bellechasse a été fait dans le cadre du projet d'agrandissement de la halte nautique de Saint-Michel (Roche, 1990). Pour ce site situé à 15km à l'ouest du HBSM le régime des vagues est dominé par des vagues des secteurs nord-est, est-nord-est, ouest et ouest-sud-ouest pendant la saison libre de glaces (mi-avril à mi-décembre). L'amplitude maximale des vagues peut y atteindre 1,5m.

3.2.4 Glaces

L'englacement dans cette partie de l'estuaire débute généralement en décembre et progresse de l'amont vers l'aval. Les glaces apparaissent généralement plus rapidement sur la rive sud que sur la rive nord à cause de la présence d'estran et de zones plus protégées des courants et des vagues. Durant l'hiver on retrouve trois types de glace :

- Glace de haut-estran ou pied de glace qui est fixé à la rive et qui ne se déplace pas avec les courants;
- Glace de bas-estran qui est une extension vers le large du pied de glace et qui bouge verticalement avec la marée grâce à une zone de fracture au contact avec le pied de glace;
- Glace de dérive qui est constituée de morceaux de glace arrachés au littoral et qui dérivent avec les courants et le vent.

À cause de la présence de la glace le trafic maritime de plaisance et de croisière est interrompu de novembre à avril. Le trafic maritime commercial dans le chenal de navigation principal est maintenu dans la voie navigable grâce à son entretien par les brise-glaces de la Garde Côtière Canadienne.

3.2.5 Physico-chimie et qualité de l'eau

Dans la région de Québec, la marée exerce une influence de plus en plus grande, ce qui se traduit par un renversement du courant à marée montante et un effet de mélange accru des masses d'eau. Ce mélange produit une masse d'eau caractérisée par le mélange final des eaux brunes en provenance des rivières de la rive nord du fleuve, des eaux vertes des Grands Lacs et des tributaires de la rive sud en aval du Lac Saint-Pierre (Fortin et Pelletier, 1995). Ces eaux demeurent douces jusqu'à l'extrémité est de l'île d'Orléans et la salinité des eaux fluviales dans le secteur à l'étude demeure inférieure à 2 USP (Unité de Salinité Pratique équivalent de parties par mille).

La figure 3.8 montre les conditions physico-chimiques moyennes des eaux de l'estuaire moyen du fleuve Saint-Laurent (figure 3.8A, B et C). Dans le secteur à l'étude, la salinité estivale des eaux fluviales est inférieure à 0,5 USP (Gagnon, 1995; Gagnon et al., 1998). Dans cette partie de l'estuaire, la température estivale des eaux fluviales est d'environ 20°C et les concentrations de matières en suspension (MES) sont généralement faibles (1 à 10 mg/L) mais peuvent atteindre 15 à 20 mg/L (Frenette et al. 1989; Gagnon, M., 1995).

En aval de la zone d'étude, dans l'estuaire moyen, l'influence de la marée sur le type d'écoulement fluvial contribue à la formation d'une zone de turbidité élevée où les concentrations en MES varient généralement de 25 à 70 mg/L et peuvent atteindre 200 mg/L (d'Anglejan, 1990). Ces conditions physico-chimiques varient beaucoup en fonction du débit fluvial et de l'amplitude de la marée de sorte que la salinité et le bouchon de turbidité maximal peuvent s'avancer beaucoup plus loin vers l'amont à la faveur de débit fluvial faible, de forte marée et de forts vents d'est.

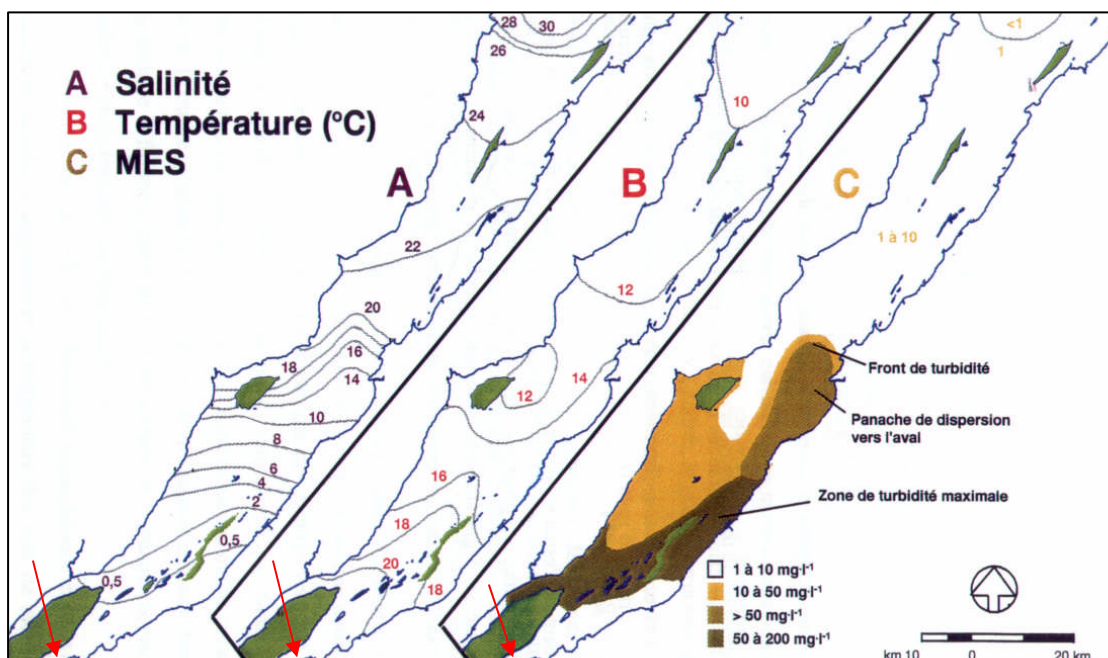


Figure 3-8 Distribution estivale des caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'estuaire moyen dans le fleuve Saint-Laurent. Les flèches indiquent la localisation approximative du secteur à l'étude
(Source : Gagnon et al., 1998)

Les résultats de l'analyse d'échantillons d'eau récoltés sur une base journalière de 1989 à 1991 en face de la ville de Québec ont été examinés (Barbeau et al., 1993). Ces résultats sont représentatifs de la teneur en MES des eaux du fleuve qui arrivent dans la zone d'étude par le chenal des Grands Voiliers. Ils montrent que les concentrations de MES varient de 8 mg/L en moyenne pendant l'hiver, à 30 mg/L au printemps. Les valeurs estivales sont de 10 à 15 mg/L alors que les valeurs obtenues en automne varient de 14 à 19 mg/L. Les concentrations maximales sont observées au printemps et sont d'environ 100 mg/L. Ces valeurs élevées correspondent à des épisodes de forts débits à l'exception de la période automnale où de telles valeurs sont obtenues indépendamment de l'intensité du débit et des courants. Les tributaires de la rive sud dans le secteur de Lévis, principalement les rivières Chaudière (valeur estimée de 23 000 t/a; Frenette et al. 1989) et Etchemin (valeur estimée de 10 000 t/a; Frenette et al., 1989), transportent la moitié de la charge sédimentaire à Lévis pendant les périodes de faibles concentrations en MES et plus du deux-tiers pendant les périodes de fortes concentrations. Les variations saisonnières de la concentration de MES pour le secteur de Lévis sont présentées à la figure 3.9.

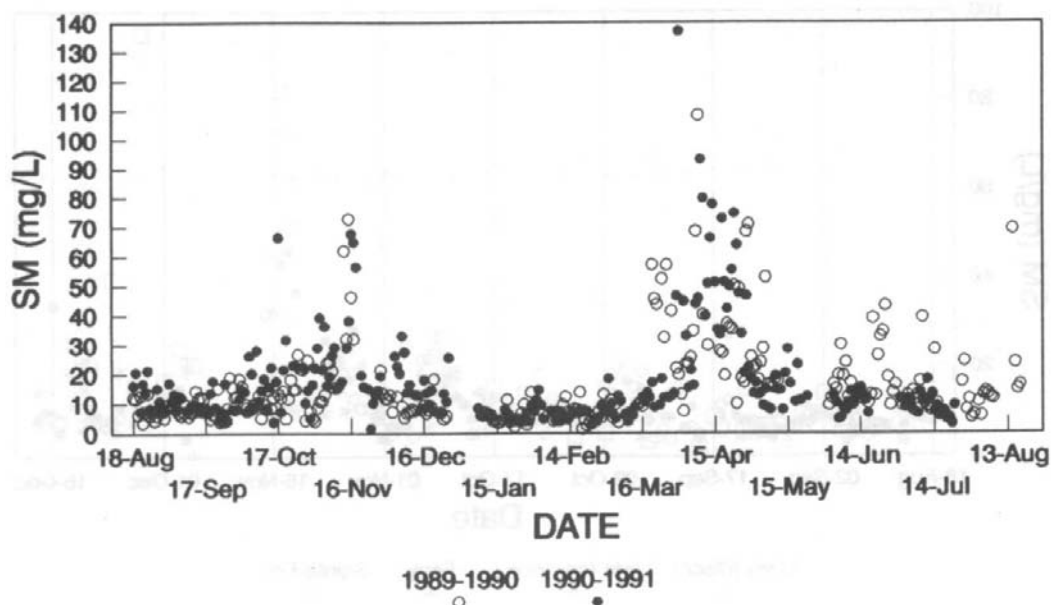


Figure 3-9 Concentrations de matières en suspension (suspended matter - SM) du fleuve Saint-Laurent, dans le secteur de Lévis de 1989 à 1991 (Source : Barbeau et al., 1993)

Les autres paramètres qui déterminent la qualité de l'eau dans l'estuaire du Saint-Laurent ne font pas l'objet d'un suivi systématique sauf pour les stations situées dans la partie amont soit dans le secteur de Québec-Lévis et dans le chenal des Grands Voiliers à la hauteur de Beaumont. Les relevés de la qualité de l'eau dans le fleuve indiquent que les sources potentielles de contamination du secteur Québec-Lévis sont les eaux du fleuve elles-mêmes et celles de ses tributaires, les émissaires d'eaux usées municipales et industrielles et les eaux de ruissellement des zones portuaires (Gagnon, 1995; Fortin et Pelletier, 1995).

Le tableau 3.4 présente les données statistiques des stations situées dans le chenal des Grands Voiliers entre 2005 et 2009. Ces stations se situent en amont de la zone d'étude et sont donc représentatives des apports d'eau douce qui baigne la zone du HBSM. Malgré le fait que la qualité bactériologique des eaux se soit améliorée avec le temps, l'eau du fleuve y est très turbide et la qualité des eaux est classée comme étant douteuse (Comité de concertation. Suivi de l'état du Saint-Laurent. 2008). La qualité de l'eau est basée sur l'indice de la qualité bactériologique et physico-chimique (IQBP) lui-même fondé sur des descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau intégrant huit variables (phosphore, coliformes fécaux, turbidité, azote ammoniacal, nitrites-nitrates, chlorophylle «a» totale (chlorophylle «a» et phéopigments), pH, oxygène dissous). Les données obtenues aux quatre stations d'échantillonnage localisées dans le fleuve Saint-Laurent indiquent une eau de qualité douteuse.

Tableau 3.2 Qualité de l'eau en amont du site d'étude.

PARAMÈTRE	Station 00000105 rive sud							Station 00000106 partie centrale							Station 00000107 rive nord				
	UNITÉ	N	MOY.	ÉCART-T.	MIN.	MÉD.	MAX.	N	MOY.	ÉCART-T.	MIN.	MÉD.	MAX.	N	MOY.	ÉCART-T.	MIN.	MÉD.	MAX.
AZOTE AMMONIACAL	mg/l	29	0.02	0.02	0.01	0.02	0.07	29	0.03	0.02	0.01	0.02	0.11	29	0.02	0.02	0.01	0.02	0.08
AZOTE TOTAL FILTRÉ	mg/l	29	0.45	0.12	0.26	0.46	0.77	29	0.45	0.12	0.26	0.44	0.72	29	0.44	0.11	0.26	0.43	0.65
CALCIUM	mg/l	10	26.4	1.7	24.0	27.1	28.7	10	26.3	1.7	24.0	27.0	28.9	10	26.3	1.6	24.0	27.0	28.5
CARBONE ORGANIQUE	mg/l	29	4.0	2.4	2.4	3.8	16.0	29	4.1	2.4	2.6	3.7	16.0	29	4.1	2.4	2.6	3.8	16.0
CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	29	2.63	1.16	1.20	2.40	6.30	29	2.72	1.35	1.10	2.50	8.00	29	2.65	1.33	1.30	2.40	7.90
CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	29	4.22	1.35	1.99	4.00	8.20	29	4.29	1.40	2.01	4.10	9.10	29	4.24	1.41	1.86	4.10	9.40
COLIFORMES FÉCAUX	UFC	29	352	479	20	210	2500	28	337	315	33	255	1400	29	333	364	55	220	1700
CONDUCTIVITÉ	µS/cm	29	235.9	26.9	170.0	240.0	290.0	29	237.2	25.1	170.0	240.0	290.0	29	235.9	25.0	170.0	240.0	290.0
DURETÉ	mg/l	10	94.1	6.5	85.5	97.1	102.9	10	93.9	6.4	85.5	97.1	103.5	10	93.8	6.3	85.5	97.1	102.5
MAGNÉSIUM	mg/l	10	6.8	0.5	6.1	7.1	7.6	10	6.9	0.6	6.1	7.1	7.6	10	6.8	0.6	6.1	7.1	7.6
NITRATES ET NITRITES	mg/l	29	0.29	0.11	0.14	0.28	0.58	29	0.28	0.11	0.13	0.28	0.53	29	0.28	0.11	0.14	0.28	0.56
OXYGÈNE DISSOUS	mg/l	28	9.0	1.3	6.4	8.9	11.8	28	8.9	1.3	6.4	8.8	11.7	28	8.9	1.3	6.3	8.8	11.7
PH	pH	29	7.8		7.4	7.9	8.2	29	7.9		7.6	7.9	8.3	29	7.9		7.5	7.9	8.3
PHOSPHORE TOTAL	mg/l	28	0.025	0.012	0.010	0.021	0.060	28	0.026	0.014	0.010	0.022	0.064	28	0.025	0.013	0.008	0.022	0.070
PHOSPHORE TOTAL DISSOUS	mg/l	23	0.006	0.003	0.005	0.005	0.019	23	0.007	0.005	0.005	0.005	0.024	23	0.006	0.002	0.005	0.005	0.014
PHOSPHORE TOTAL EN SUSPENSION	mg/l	22	0.019	0.012	0.005	0.016	0.055	22	0.021	0.013	0.007	0.018	0.059	22	0.021	0.013	0.003	0.017	0.065
PHÉOPHYTINE	µg/l	29	1.59	0.62	0.69	1.40	3.60	29	1.57	0.61	0.61	1.50	3.40	29	1.59	0.59	0.56	1.50	3.50
POTASSIUM	mg/l	6	1.45	0.08	1.30	1.50	1.50	6	1.45	0.08	1.30	1.50	1.50	6	1.43	0.08	1.30	1.45	1.50
SODIUM	mg/l	6	10.98	0.60	10.50	10.70	11.80	6	10.92	0.62	10.40	10.65	11.80	6	10.93	0.72	10.20	10.75	11.90
SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	29	13	8	6	11	43	29	14	9	6	12	44	29	15	10	7	13	53
TEMPÉRATURE	°C	28	18.1	4.2	9.9	18.9	24.0	28	18.1	4.2	9.9	19.0	24.1	28	18.1	4.2	9.8	18.9	24.1
TURBIDITÉ	UTN	28	10.7	5.8	4.0	9.5	26.0	28	11.2	5.4	4.2	10.0	30.0	28	10.9	5.3	3.8	9.7	26.0

3.2.6 Géologie générale de la zone d'étude

La zone côtière à l'étude est caractérisée par une basse terrasse constituée de dépôts meubles (sable et gravier sur des silts argileux) reposant sur une plate-forme intertidale d'abrasion à prédominance rocheuse qui descend en pente douce jusqu'à un changement de pente situé à la limite du chenal du Sud.

Le trou de Berthier est limité par une bande de grès plus résistante alignée dans l'axe sud-ouest-nord-est dont l'entrée constitue une brèche formée par une faiblesse structurale et l'érosion subséquente. Cette bande de grès et les roches avoisinantes font parties de la formation de Montmagny datant du Cambrien et de l'Ordovicien et est constituée de mudrocks, d'ardoises vertes et rouges, de grès de calcaire et de basaltes. Cette plate-forme intertidale rocheuse s'étend sur une largeur maximale d'environ 150 m vers le chenal.

3.2.7 Sédimentologie et qualité des sédiments

3.2.7.1 Contexte régional

La zone à l'étude est située dans l'estuaire fluvial. Les conditions hydrodynamiques prévalant dans cette portion de l'estuaire sont typiquement estuariennes et propices à la formation de marais (Drapeau, 1990). Les marées et leurs courants associés, les vagues et la dynamique glacielle exercent un effet dominant sur les processus sédimentaires dans cette portion de l'estuaire. La présence de la glace d'estran joue à la fois un rôle protecteur contre l'érosion (Drapeau, 1990) et un rôle d'agent de transport des sédiments incorporés dans le couvert de glace (Dionne, 1970). Le cycle saisonnier d'érosion et de sédimentation peut être décrit de la façon suivante : au printemps, la fonte du couvert de glace laisse les zones intertidales sans protection contre l'érosion par les vagues et la crue du fleuve Saint-Laurent. L'action de ces facteurs résulte en une période d'érosion qui s'étale de la mi-avril à la mi-juin (Sérodès et Troude, 1984). La croissance estivale de la végétation, de paire avec la diminution de l'intensité des vagues et des courants en période estivale contribue à la sédimentation en milieu côtier et ce, jusqu'en octobre où la disparition de la végétation et l'augmentation de l'intensité des vagues favorisent à nouveau l'érosion.

Dans l'eau le transport des particules par le courant se fait par deux modes principaux. Les matériaux les plus fins sont transportés en suspension alors que les matériaux grossiers sont transportés près du fond par roulement ou par petits sauts. Les matériaux de taille intermédiaire sont transportés par un mode mixte appelé saltation, se déplaçant à la fois sur le fond et en suspension. L'érosion, le transport et la sédimentation des particules sont fonction de la vitesse du courant à laquelle elles sont soumises.

Annuellement environ 6,5 millions de tonnes de MES passent dans le fleuve à la hauteur de Québec-Lévis, dont 70% lors de la crue printanière. Une portion importante (65%) de ces sédiments provient de l'érosion des berges et du lit du fleuve Saint-Laurent (Rondeau et al., 2000) et transite le long du cours principal du fleuve dans le chenal des Grands Voiliers. Plusieurs facteurs dont le débit du fleuve, les marées, les vagues, les courants, le mélange et le débit des eaux fluviales influencent la dynamique sédimentaire; entre autres la forte turbulence des eaux du principalement à la force du courant empêche le dépôt des MES sur le fond du fleuve et sur les zones limitrophes (Gagnon, 1995).

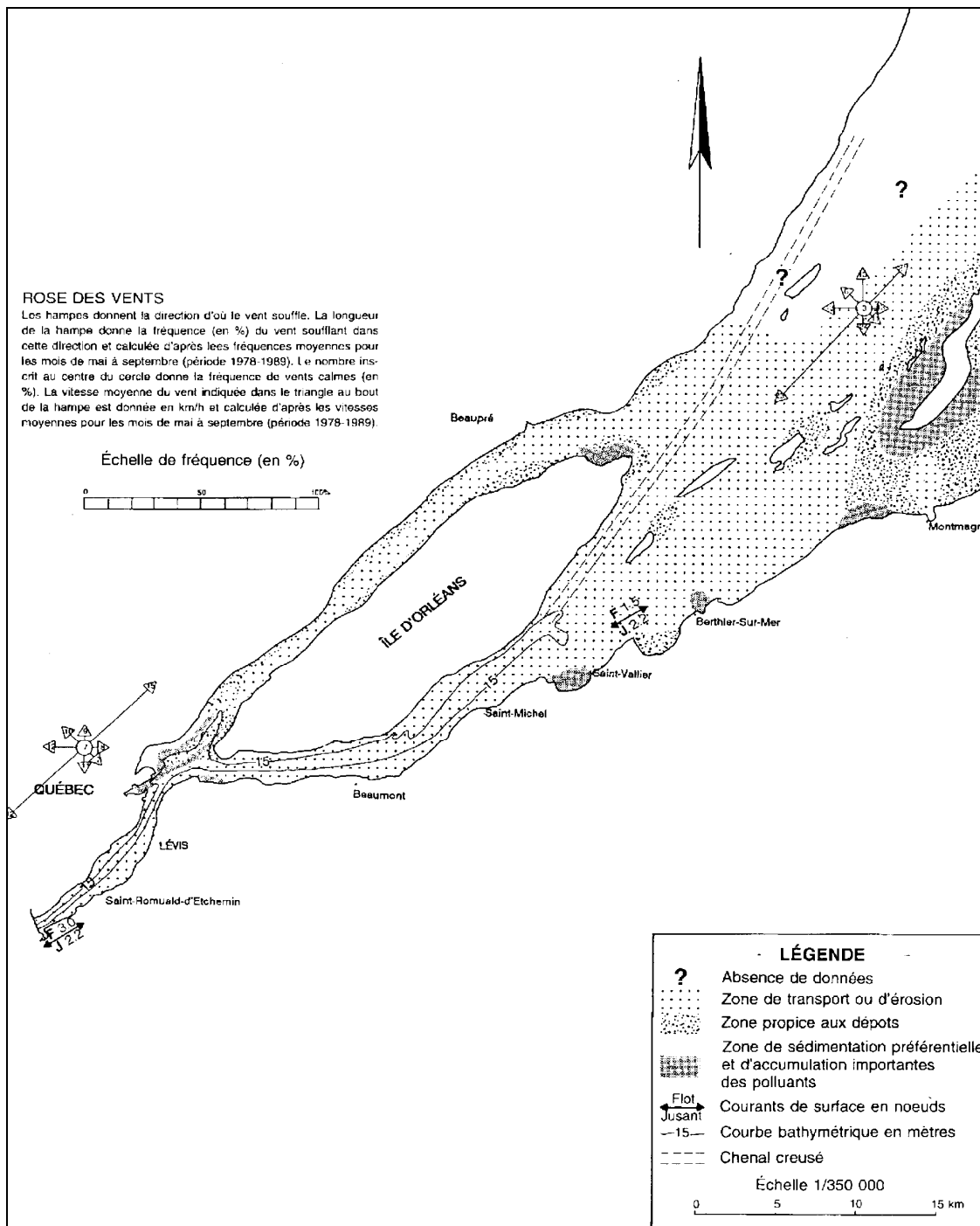


Figure 3-10 Représentation schématique des zones de transport, d'érosion et de sédimentation dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Considérant les vitesses moyennes des courants dans le secteur d'étude, les particules fines sont constamment transportées par le courant lorsqu'elles se retrouvent dans le chenal. Par contre, la vitesse des courants étant beaucoup plus faibles près de la côte et particulièrement dans les baies et les anses, la zone intertidale constitue généralement un milieu favorable à la sédimentation des particules.

Dans l'estuaire fluvial du Saint-Laurent, des vitesses supérieures à 0,3 m/s sont généralement rencontrées au centre du fleuve. De telles vitesses ne permettent pas la sédimentation des particules fines. La sédimentation de ces particules s'effectue plutôt dans les secteurs abrités tels les herbiers, les baies, les ports et les marinas où les vitesses du courant sont inférieures à 0,1 m/s.

À titre d'exemple, les zones de transport et de sédimentation potentielles dans la région à l'étude sont présentées à la figure 3.10. Quoiqu'une faible sédimentation des particules soit possible pendant les étales de marée, les rives du secteur en amont de St-Vallier ne sont pas généralement caractérisées par la sédimentation des MES probablement due à la proximité du chenal de navigation. Cette zone côtière est plutôt caractérisée par le transport et l'érosion (CSL, 1996a).

Les zones propices à la sédimentation et l'accumulation des particules se retrouvent plus à l'est dans les grandes baies et anses comme par exemple, à l'est de Saint-Michel-de-Bellechasse où les zones de sédimentation peuvent atteindre 1000 mètres de largeur.

En aval de l'île d'Orléans, la présence d'eau salée (saumâtre) et la diminution des vitesses du à l'augmentation de la section hydraulique modifient les qualités physico-chimiques de l'eau du fleuve et favorise l'agglomération et éventuellement la sédimentation des particules fines en suspension. C'est aussi dans ce secteur que les dragages pour dégager la voie maritime sont les plus intensifs dans la région même si dans ce cas il s'agit plutôt d'accumulation de sable sous forme de dunes. Comme en témoigne la distribution des sédiments de surface dans la région de Québec-Lévis et de l'île d'Orléans, les sédiments à texture grossière dominent dans cette partie de l'estuaire fluvial (figure 3.10).

La taille des sédiments conditionne leur capacité à adsorber des contaminants (van Horowitz, 1991). La surface chimiquement active des sédiments fins peut adsorber ou désorber des ions selon la composition de la phase aqueuse, et les MES peuvent alors devenir des vecteurs de polluants. La granulométrie des MES joue donc un rôle important sur la distribution des polluants. Par conséquent, les zones de sédimentation de particules de la taille des argiles sont susceptibles de contenir une plus grande quantité de contaminants due au fait que les argiles présentent des capacités d'échange ioniques ainsi que des surfaces de contact beaucoup plus fortes que les sables et graviers (Gagnon, 1995).

Tel que discuté précédemment, la force des courants et l'influence des marées limitent considérablement les zones de dépôt de sédiments fins dans le chenal fluvial du Saint-Laurent et sur la majeure partie de son littoral. Il existe néanmoins des zones où les conditions hydrodynamiques et les caractéristiques physiographiques peuvent favoriser la sédimentation de particules fines auxquelles peuvent être liés des contaminants.

Le rapport thématique sur la dynamique et la qualité des sédiments publié par le Centre Saint-Laurent (1997) présente les secteurs contaminés du fleuve Saint-Laurent (CSL, 1997). La cartographie des zones contaminées dans la région de Québec montrait alors de fortes contaminations des sédiments dans le secteur portuaire de Québec causées par les opérations portuaires historiques et les rejets industriels et urbains. Le secteur entre Québec et l'île Madame était alors dépourvu de données.

Plus en aval les plus récentes caractérisations montrent que pour le secteur de Beaumont tous les paramètres analysés (métaux, HAP et BPC), respectent le seuil d'effet mineur sauf pour l'Aroclor 1248 qui atteint le seuil d'effet mineur (SNC-Lavalin Environnement, 2006). Les résultats montrent cependant un léger dépassement du Seuil d'Effet Mineur (SEM) pour le chrome et le nickel en profondeur. Il est à noter cependant que les teneurs naturelles de nickel, de cuivre et de chrome des sédiments pré-industriels du fleuve Saint-Laurent dépassent fréquemment le seuil d'effet mineur (SEM) et aussi fréquemment le seuil d'effet néfaste (SEN) (Saulnier et Gagnon, 2003).

Plus en aval encore à la marina de Saint-Michel, les concentrations en métaux de la plupart des échantillons prélevés en 2007 sont généralement inférieures au SEM des Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et MENVIQ, 1992) sauf quelques dépassements mineurs pour le cadmium, l'arsenic et le mercure (Roche, 2007). À partir de la pointe ouest de l'île d'Orléans des concentrations plus élevées en cuivre et en mercure ont été notées (CSL, 1997).

3.2.7.2 *Contexte local*

Le HBSM a fait l'objet de nombreuses caractérisations depuis sa création en 1979. Le tableau 3.4 présente les résultats des caractérisations chimiques et granulométriques de 1980, 1987, 1992, 2006 et 2009. Ces résultats montrent que les sédiments à draguer sont composés essentiellement de silt à 75% le reste (25%) étant composé à part égale de sable fin et d'argile.

La qualité des sédiments à draguer des deux dernières caractérisations (2006 et 2009) est toujours supérieure aux critères CEO (Concentration d'Effets Occasionnels) et les sédiments peuvent donc être immergés en eau libre ou être utilisés à d'autres fins, dans la mesure toutefois où leur dépôt ne contribue pas à détériorer le milieu récepteur telle qu'énoncée dans la section portant sur l'application des critères pour la gestion des sédiments de dragage (Environnement Canada et MDDEP, 2008)

Tableau 3.3 Résultats des analyses chimiques et granulométriques

Paramètres	Critères du EC/MDDEP 2008 ¹					Havre centre	Havre			Havre			Site Dépôt Dep1	Havre					
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF		1	2	3	S-1	S-2	S-3		Drag1	Drag2	Drag3	Drag1	Drag2	Drag3
Année						1980	1987	1987	1987	1992	1992	1992	2006	2006	2006	2006	2009	2009	2009
Gravier(%)						2.0	1.1	0.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0	0.1	0.1	1	0	0	0
Sable(%)						8.5	11.92	8.37	21.61	3.2	2.5	0.6	12	10.2	13.3	89.7	10.2	15.6	19.4
Silt(%)						77.5	72.18	78.87	70.26	87.6	83.7	79.5					82.4	73.7	66.4
Argile(%)						12	14.05	12.45	6.2	9.2	13.8	19.9					7.4	10.7	14.2
Silt et argile													88	89.7	86.6	9.3	89.8	84.4	80.6
Matière organique (%)						3.3	3.45	2.71	2.16	5	5.6	5.1							
Arsenic extractible (mg/kg)	4.1	5.9	7.6	17.0	23.0	2.1	4.75	4.2	3.37	4.9	5.6	5.8	3.3	3.7	3.8	3.3	4.2	5.1	5.5
Cadmium extractible (mg/kg)	0.33	0.60	1.70	3.50	12.00	1	0.7	1.8	0.6	1	1	1	0.15	0.21	0.21	0.04	0.28	0.36	0.38
Carbone organique total (%)													1.41	1.50	2.24	0.13	0.91	1.60	4.14
Chrome extractible (mg/kg)	25	37	57	90	120	25	34	28.9	22.8	63	59	67	24	22	28	4	34	40	39
Cuivre extractible (mg/kg)	22	36	63	200	700	9.5	47	47	44	34	34	35	15	16	19	3	19	26	25
Mercure total (mg/kg)	0.09	0.17	0.25	0.49	0.87	0.15	0.36	0.12	0.12	0.33	0.37	0.43	0.09	0.09	0.13	<0.01	0.13	0.18	0.19
Nickel extractible (mg/kg)	---	---	47	---	---								20	20	21	5	27	31	30
Plomb extractible (mg/kg)	25	35	52	91	150	10	26	20	30	11	13	18	8	7	7	<5	14	18	18
Zinc extractible (mg/kg)	80	120	170	310	770	138	90	7	75	130	130	130	68	71	76	31	95	110	110
BPC (sommation des congénères)	0.025	0.034	0.079	0.28	0.78								ND	ND	ND	ND	0.067	<0.007	<0.008
BPC totaux (Aroclors)						0.05	<0.1	<0.1	0.05	0.02	0.02	0.02							
Hydrocarbures pétroliers C10-C50 (mg/kg)						-	<200	<200	<200				<200	<200	<200	<100	<100	<150	<200
Huiles et graisses						<250	619	608	371	310	260	120							

Tableau 3.3 Résultats des analyses chimiques et granulométriques (suite)

Paramètres	Critères du EC/MDDEP 2008 ¹					Havre centre	Havre			Havre			Site Dépôt Dep1	Havre					
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF		1	2	3	S-1	S-2	S-3		Drag1	Drag2	Drag3	Drag1	Drag2	Drag3
Naphtalène (mg/kg)	0.0017	0.035	0.120	0.390	1.20				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	0.008	0.011	<0.015	
1-méthylnaphtalène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	0.005	0.007	<0.015	
2-méthylnaphtalène (mg/kg)	0.016	0.020	0.063	0.20	0.38							<0.01	0.01	<0.03	<0.01	0.01	0.012	<0.015	
1,3-diméthylnaphtalène	---	---	---	---	---							<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	0.012	0.018	0.024	
Acénaphthylène (mg/kg)	0.0033	0.0059	0.030	0.13	0.34				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	<0.003	<0.003	0.019	
Acénaphthène (mg/kg)	0.004	0.007	0.021	0.089	0.94				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	<0.003	<0.003	0.01	
2,3,5-triméthylnaphtalène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	<0.005	0.009	<0.015	
Fluorène (mg/kg)	0.010	0.021	0.061	0.14	1.2				0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	0.014	0.017	<0.015	
Phénanthrène (mg/kg)	0.025	0.042	0.13	0.52	1.1				0.07	0.08	0.05	0.05	0.05	0.09	<0.01	0.05	0.064	0.079	
Anthracène (mg/kg)	0.016	0.047	0.11	0.24	1.1				0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	<0.03	<0.01	0.017	0.025	0.026	
Fluoranthène (mg/kg)	0.047	0.11	0.45	2.40	4.9				0.1	0.2	0.1	0.08	0.07	0.14	<0.01	0.081	0.11	0.14	
Pyrène (mg/kg)	0.029	0.053	0.23	0.88	1.5				0.1	0.2	0.1	0.07	0.07	0.13	<0.01	0.078	0.11	0.14	
Benzo(c) phénanthrène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	<0.005	<0.005	<0.015	
Benzo(a) anthracène (mg/kg)	0.014	0.032	0.12	0.39	0.76				0.06	0.1	0.06	0.04	0.03	0.07	<0.01	0.045	0.059	0.075	
Chrysène (mg/kg)	0.026	0.06	0.2	0.86	1.6				0.1	0.1	0.08	0.05	0.05	0.09	<0.01	0.058	0.083	0.098	
5-méthylchrysène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.02	<0.02	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.015	
Benzo(b,j,k) fluoranthène (mg/kg)	---	---	---	---	---				0.13	0.3	0.17	0.09	0.07	0.15	<0.01	0.1	0.14	0.18	
7,12-diméthylbenzo (a) anthracène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.02	<0.02	<0.05	<0.01	<0.005	<0.005	<0.015	
Benzo(e) pyrène (mg/kg)	---	---	---	---	---							0.04	0.03	0.07	<0.01	0.048	0.068	0.087	
Benzo(a) pyrène (mg/kg)	0.011	0.032	0.15	0.78	3.2							0.05	0.03	0.08	<0.01	0.051	0.068	0.09	
3-Méthylcholanthrène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	<0.005	<0.005	<0.015	
Indéno(1,2,3-cd) pyrène (mg/kg)	---	---	---	---	---				0.06	0.09	0.06	0.03	0.02	0.05	<0.01	0.033	0.045	0.06	
Dibenzo(a,j) acridine (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.01	<0.01	<0.03	<0.01				
Dibenzo(ah) anthracène (mg/kg)	0.0033	0.0062	0.043	0.14	0.2				0.02	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.03	<0.01	0.008	0.011	0.015	

Tableau 3.3 Résultats des analyses chimiques et granulométriques (suite)

Paramètres	Critères du EC/MDDEP 2008 ¹					Havre centre	Havre			Havre			Site Dépôt Dep1	Havre				
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF		1	2	3	S-1	S-2	S-3		Drag1	Drag2	Drag3		
																	Drag1	Drag2
7H-dibenzo (c,g) carbazole (mg/kg)	---	---	---	---	---							0.03	0.03	0.06	<0.01	<0.005	<0.005	<0.015
Benzo(g,h,i) pérylène (mg/kg)	---	---	---	---	---				0.06	0.08	0.06	<0.02	<0.02	<0.05	<0.01	0.039	0.052	<0.015
Dibenzo (a,l) pyrène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.02	<0.02	<0.05	<0.02	<0.01	0.012	<0.03
Dibenzo (a,e) pyrène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.02	<0.02	<0.05	<0.02	<0.01	0.012	<0.03
Dibenzo (a,i) pyrène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.02	<0.02	<0.05	<0.02	<0.01	0.01	<0.03
Dibenzo (a,h) pyrène (mg/kg)	---	---	---	---	---							<0.02	<0.02	<0.05	<0.02	<0.01	<0.01	<0.03
HAP totaux							302	288	266									

¹ CSE:Concentration seuil produisant un effet; CER:concentration d'effets rares; CEP: concentration produisant un effet probable; CEO: concentration d'effets occasionnels; CEF: concentration d'effet fréquents . Sédiments d'eau douce

¹ Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration.(Environnement Canada et ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2008)

² Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et ministère de l'Environnement du Québec, 1992)

SSE = Seuil sans effet

SEM = Seuil d'effets mineurs

SEN = Seuil d'effets néfastes

Tous les critères sont exprimés en milligrammes par kilogrammes (mg/kg) de sédiments secs

ND: Non-déecté

N/A: Non applicable

3.3 MILIEU BIOLOGIQUE

Cette section présente l'état actuel des ressources biologiques dans la zone d'étude et particulièrement celles qui risquent d'être affectées par le projet de dragage.

3.3.1 Végétation

La région de la Chaudière-Appalaches possède près de 55 % des marais intertidaux d'eau douce du Québec, lesquels sont considérés parmi les plus productifs au monde. La biomasse végétale de ces marais contribue au cycle du carbone dans la chaîne alimentaire des organismes benthiques qui sont eux-mêmes des proies recherchées par les poissons et par plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques. Ces marais intertidaux constituent le domaine du scirpe d'Amérique, principale nourriture «naturelle» de la grande oie des neiges. Ils sont de plus très importants pour épurer les eaux des rivières qui se jettent au fleuve avec une quantité de sédiments, de nutriments et de pesticides issus de l'utilisation du territoire par les activités humaines. En effet, ces eaux peuvent transiter par les marais intertidaux à certains endroits avant de se mêler à celles du fleuve.

Ces marais sont également de première importance pour les millions d'oiseaux qui utilisent la voie migratoire de l'Atlantique. En effet, ils s'y arrêtent pour se préparer à la nidification locale ou pour engranger les réserves essentielles à la poursuite de leur migration printanière vers les aires de nidification nordiques, et, à l'inverse pour se refaire des forces avant de poursuivre leur migration automnale vers leurs quartiers d'hiver.

La zone littorale située entre Berthier-sur-Mer et Montmagny (incluant l'île-aux-Grues) possède le tiers (37,3 %, soit 1819 ha) des marais intertidaux à scirpe d'Amérique de la région de la Chaudière-Appalaches, dont une partie importante se situe dans l'archipel de l'île aux Grues. Cette situation explique notamment l'abondance des grandes oies des neiges en période de migration et leur importance pour les activités de chasse et d'observation. On trouve aussi dans cette zone la presque totalité de la superficie (625 ha, soit 96,3 %) des prairies humides de la région. Ces prairies humides sont situées entre l'île aux Grues et l'île aux Oies et constituent le plus important site de nidification du râle jaune dans le sud du Québec.

Tableau 3.4 Superficie des milieux humides des municipalités de la MRC de Montmagny.

Superficie des milieux humides par municipalités						
Nom de la municipalité	Superficie de la municipalité	Marais	Marécage	Tourbière	Milieu humide non-classifié	Total des milieux humides
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
TIO aquatique de la MRC de Montmagny	33 072	1 297	1	0	21	1 318
Saint-Just-de-Bretenières	13 305	0	251	152	843	1 247
Sainte-Apolline-de-Patton	25 853	2	353	205	185	745
Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues	2 451	51	0	0	618	669
Saint-Fabien-de-Panet	18 875	8	390	59	182	640
Montmagny	14 626	439	9	0	20	468
Lac-Frontière	5 133	10	78	119	135	341
Sainte-Euphémie-sur-Rivière-du-Sud	9 321	1	243	39	55	339
Sainte-Lucie-de-Beaugard	8 184	2	126	134	49	312
Notre-Dame-du-Rosaire	16 146	8	142	74	65	289
Cap-Saint-Ignace	20 544	5	81	79	99	263
Saint-Paul-de-Montminy	16 374	0	67	7	55	130
Saint-Pierre-de-la-Rivière-du-Sud	9 169	2	6	22	26	57
Berthier-sur-Mer	2 665	31	16	0	0	47
Saint-François-de-la-Rivière-du-Sud	9 699	8	11	0	17	37
Montmagny	205 415	1 865	1 773	892	2 369	6 899

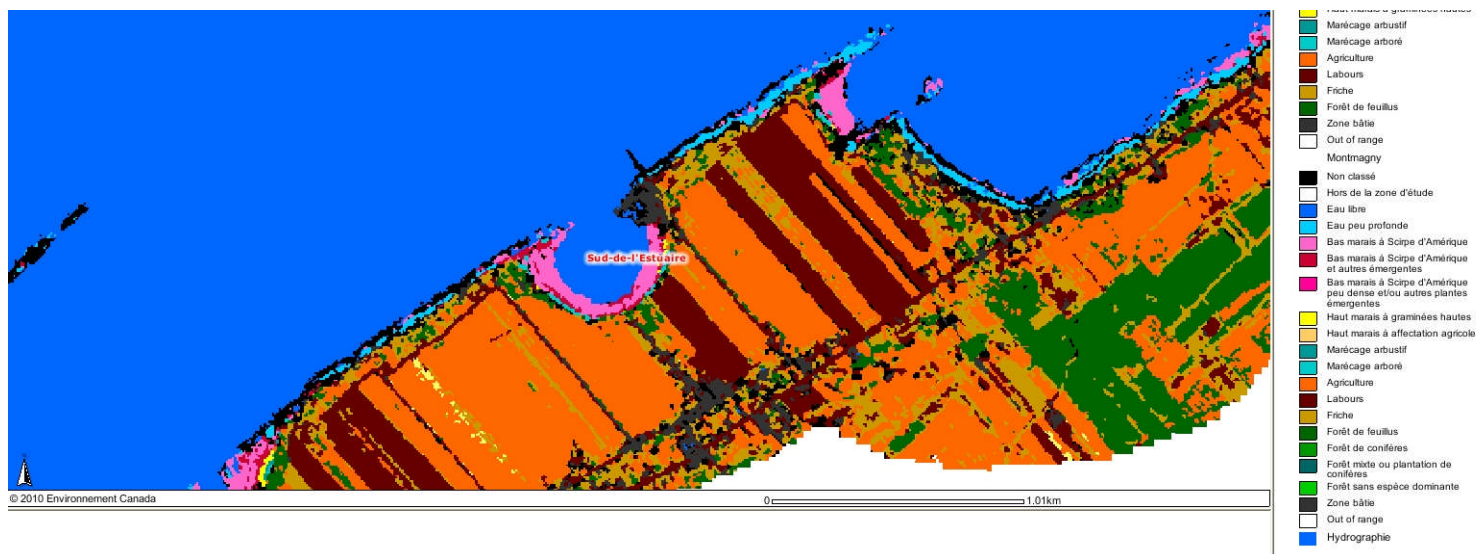


Figure 3-11 Cartographie des terres humides de la zone d'étude par télédétection (Environnement Canada, 2010, http://mercator.qc.ec.gc.ca/website/mh/mh_1990/fr/viewer.htm)

L'anse de Berthier-sur-Mer communément appelé le trou de Berthier est caractérisé par une zone intertidale recouverte principalement par le scirpe d'Amérique. Plus haut en zone supratidale on retrouve un herbier. À l'extérieur de l'anse le littoral est pratiquement dénué de végétation à cause de la nature rocheuse et très grossière du substrat. La figure 3-11 présente les principaux groupements végétaux tels que cartographiés par télédétection. Selon le CDPNQ (2009), aucune espèce végétale à statut précaire n'a été inventoriée dans la zone d'étude.

3.3.2 Benthos

Très peu de données existent sur la faune benthique peuplant les fonds de la zone de Berthier-sur-Mer. Les études montrent que la zone intertidale est caractérisée par la présence d'espèces tolérantes et opportunistes tels l'oligochète *Limnodrilus hoffmeisteri* et les amphipodes gammares qui peuvent coloniser rapidement ces zones où l'environnement est particulièrement rigoureux (Bourget *et al*, 1985).

En eau plus profonde, la faune benthique est caractérisée par une faible diversité spécifique et un faible nombre de taxons (Vincent,1979). Selon les relevés de Vincent (1979), le secteur de Berthier/Montmagny serait dominé principalement par des vers tubificidés et des chironomidés qui s'adaptent facilement à la texture particulière des sédiments dans ce secteur et aux fortes vitesses de courant. Les densités dans ce secteur variaient de 819 individus/m² à 7669 individus/m² (Mousseau et Armellin, 1995). D'autres travaux ont aussi indiqué la présence de diptères et de mollusques à des concentrations plus faibles. Certaines espèces introduites accidentellement comme la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) sont aussi présentes dans la zone d'étude et ont été inventoriées sur les bouées de navigation (Mongeau et Jacquaz, 1991). Une étude plus spécifique a permis d'estimer la densité moyenne des larves présentes dans les eaux de Berthier-sur-Mer à 1,05 larve/litre (Lapierre *et al*, 1994).

Plus récemment une étude ayant comme objectifs la caractérisation de l'habitat de l'esturgeon et l'évaluation de l'impact des dépôts de matériaux de dragage à l'île Madame a permis d'identifier les principales espèces benthiques situées au large de Berthier-sur-Mer à des profondeurs supérieures à 10m (Nellis *et al*, 2007). Les unités taxonomiques dominantes dans toutes les zones échantillonnées étaient :

- Oligochètes tubificidés (67,4%);
- Amphipodes *Gammarus tigrinus* (31,9%);
- Chironomidés (12,8%);
- Moules zébrées *Dreissena polymorpha* (10,6%).

La moule zébrée dominait la biomasse particulièrement aux stations situées vis-à-vis le HBSM.

3.3.3 Poissons

Dans le tronçon du fleuve Saint-Laurent compris entre Québec et Lévis, 78 espèces de poissons ont été répertoriées en amont de la zone d'étude. Ces espèces peuvent utiliser la zone à l'étude à un moment ou l'autre de leur cycle vital (tableau 3.5), (SNC-Lavalin, 2006; Mousseau, et Armellin, 1995; Caron *et al.*, 2001).

Tableau 3.5 Liste des espèces de poisson susceptibles d'utiliser la zone d'étude selon les diverses fonctions biologiques.

Famille	Nom français	Nom anglais	Nom scientifique	Fonction biologique ¹			
				F	Ale	Ali	M
<i>Petromyzontidae</i>	Lamproie du Nord	Northern brook Lamprey	<i>Ichthyomyzon fossor</i>				X
	Lamproie argentée	Silvery Lamprey	<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>			X	
	Lamproie de l'est	American brook Lamprey	<i>Lampetra appendix</i>			X	
	Lamproie marine	Sea Lamprey	<i>Petromyzon marinus</i>			X	X
<i>Acipenseridae</i>	Esturgeon jaune	Lake Sturgeon	<i>Acipenser fulvescens</i>			X	
	Esturgeon noir	Atlantic Sturgeon	<i>Acipenser oxyrinchus</i>			X	X
<i>Lepisosteidae</i>	Lépisosté osseux	Longnose Gar	<i>Lepisosteus osseus</i>			X	
<i>Amiidae</i>	Poisson-castor	Bowfin	<i>Amia calva</i>			X	
<i>Hiodontidae</i>	Laquaiche argentée	Mooneye	<i>Hiodon tergisus</i>			X	
<i>Anguillidae</i>	Anguille d'Amérique	American Eel	<i>Anguilla rostrata</i>		X		X
<i>Clupeidae</i>	Gaspereau	Alewife	<i>Alosa pseudoharengus</i>		X	X	
	Alose savoureuse	American Shad	<i>Alosa sapidissima</i>		X		X
	Alose à gésier	Gizzard Shad	<i>Dorosoma cepedianum</i>			X	
<i>Cyprinidae</i>	Carassin*	Goldfish	<i>Carassius auratus</i>			X	
	Carpe*	Carp	<i>Cyprinus carpio</i>			X	
	Méné d'argent	Silvery Minnow	<i>Hybognathus nuchalis</i>			X	
	Méné jaune	Golden Shiner	<i>Notemigonus crysoleucas</i>			X	
	Méné émeraude	Emerald Shiner	<i>Notropis atherinoides</i>		X	X	
	Méné à nageoires rouges	Common Shiner	<i>Notropis cornutus</i>			X	
	Queue à tache noire	Spottail Shiner	<i>Notropis hudsonius</i>		X	X	

	Tête rose	Rosyface Shiner	<i>Notropis rubellus</i>			X	
	Méné paille	Sand Shiner	<i>Notropis stramineus</i>			X	
	Mulet à cornes	Creek Chub	<i>Semotilus atromaculatus</i>			X	
	Ouitouche	Fallfish	<i>Semotilus corporalis</i>			X	
	Mulet perlé	Pearl Dace	<i>Semotilus margarita</i>			X	
<i>Catostomidae</i>	Couette	Quillback	<i>Carpiodes cyprinus</i>			X	
	Meunier rouge	Longnose Sucker	<i>Catostomus catostomus</i>		X	X	
	Meunier noir	White Sucker	<i>Catostomus commersoni</i>		X	X	
	Chevalier blanc	Silver Redhorse	<i>Moxostoma anisurum</i>			X	
	Chevalier rouge	Shorthead Redhorse	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			X	
	Chevalier de rivière ⁵	River Redhorse	<i>Moxostoma carinatum</i>			X	
<i>Ictaluridae</i>	Barbotte brune	Brown Bullhead	<i>Ictalurus nebulosus</i>			X	
	Barbotte des rapides	Stonecat	<i>Noturus flavus</i>			X	
	Barbotte jaune	Yellow Bullhead	<i>Ictalurus natalis</i>			X	
	Barbue de rivière	Channel Catfish	<i>Ictalurus punctatus</i>			X	
	Chat-fou brun	Tadpole Madtom	<i>Noturus gyrinus</i>			X	
<i>Esocidae</i>	Grand brochet	Northern Pike	<i>Esox lucius</i>		X	X	
	Maskinongé	Muskellunge	<i>Esox masquinongy</i>			X	
	Brochet maillé	Chain Pickerel	<i>Esox niger</i>			X	
	Brochet vermiculé	Grass Pickerel	<i>Esox americanus vermiculatus</i>			X	
<i>Osmeridae</i>	Éperlan arc-en-ciel	Rainbow Smelt	<i>Osmerus mordax</i>		X	X	
<i>Salmonidae</i>	Cisco de lac	Cisco	<i>Coregonus artedii</i>			X	
	Grand corégone	Lake Whitefish	<i>Coregonus clupeaformis</i>		X ⁸	X	

	Saumon Chinook*	Chinook Salmon	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>			X	
	Truite arc-en-ciel*	Rainbow Trout	<i>Salmo gairdneri</i>			X	
	Saumon atlantique	Atlantic Salmon	<i>Salmo salar</i>				X
	Truite brune*	Brown Trout	<i>Salmo trutta</i>			X	
	Touladi	Lake Trout	<i>Salvelinus namaycush</i>			X	
	Ombre de fontaine	Brook Trout	<i>Salvelinus fontinalis</i>			X	
<i>Percopsidae</i>	Omisco	Trout-Perch	<i>Percopsis omiscomaycus</i>			X	
<i>Cyprinodontidae</i>	Fondule barré	Banded Killifish	<i>Fundulus diaphanous</i>	X	X	X	
<i>Gadidae</i>	Lotte	Burbot	<i>Lota lota</i>			X	
	Poulamon atlantique	Atlantic Tomcod	<i>Microgadus tomcod</i>		X	X	X
<i>Gasterosteidae</i>	Épinoche à quatre épines	Fourspine Stickleback	<i>Apeltes quadracus</i>			X	
	Épinoche à trois épines	Threespine Stickleback	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	X	X	X	
	Épinoche tachetée	Blackspotted Stickleback	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	X	X	X	
	Épinoche à neuf épines	Ninespine Stickleback	<i>Pungitius pungitius</i>			X	
<i>Cottidae</i>	Chabot tacheté	Mottled Sculpin	<i>Cottus bairdi</i>			X	
	Chabot visqueux	Slimy Sculpin	<i>Cottus cognatus</i>			X	
	Chabot à tête plate	Sponhead Sculpin	<i>Cottus ricei</i>			X	
<i>Percichthyidae</i>	Baret	White Perch	<i>Morone Americana</i>		X	X	
	Bar blanc	White Bass	<i>Morone chrysops</i>			X	
	Bar rayé	Striped Bass	<i>Morone saxatilis</i>			X	X
<i>Centrarchidae</i>	Crapet de roche	Rock Bass	<i>Ambloplites rupestris</i>			X	
	Crapet-soleil	Pumpkinseed	<i>Lepomis gibbosus</i>			X	
	Crapet arlequin	Bluegill	<i>Lepomis macrochirus</i>			X	

	Achigan à petite bouche	Smallmouth Bass	<i>Micropterus dolomieu</i>		X	X	
	Achigan à grande bouche	Largemouth Bass	<i>Micropterus salmoides</i>			X	
	Marigane noire	Black Crappie	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>			X	
<i>Percidae</i>	Raseux-de-terre noir	Johnny Darter	<i>Etheostoma nigrum</i>			X	
	Raseux-de-terre gris	Tessellated Darter	<i>Etheostoma olmstedii</i>			X	
	Perchaude	Yellow Perch	<i>Perca flavescens</i>		X	X	
	Doré noir	Sauger	<i>Sander canadensis</i>			X	
	Doré jaune	Walleye	<i>Sander vitreum</i>			X	
	Fouille-roche	Logperch	<i>Percina caprodes</i>			X	
<i>Sciaenidae</i>	Malachigan	Freshwater Drum	<i>Aplodinotus grunniens</i>			X	
<i>Pleuronectidae</i>	Plie lisse	Smooth Flounder	<i>Liopsetta putnami</i>			X	
<i>Gobiidés</i>	Gobie à taches noires*	Round Goby	<i>Neogobius melanostomus</i>			X	

(tiré de SNC-Lavalin, 2006)

* Espèce introduite.

¹ F : fraie, Ale : alevinage, Ali : alimentation, M : migration.

Les eaux de la zone d'étude présentent une grande diversité ichthyenne puisqu'on y retrouve des poissons anadromes (ex. : éperlan arc-en-ciel, esturgeon noir, alose savoureuse et poulamon atlantique), catadromes (ex. : anguille d'Amérique), estuariens (ex. : plie lisse et épinoche tachetée) et des poissons de milieux dulcicoles (ex. : grand brochet, perchaude et doré jaune).

Selon les données du Système d'Information pour la Gestion de l'Habitat du Poisson (SIGHAP, 2009), les principales espèces retrouvées dans la zone d'étude sont :

- Les esturgeons noirs et jaunes;
- L'anguille d'Amérique;
- Le gaspareau;
- L'alose savoureuse;
- Les meuniers rouge et noir;
- Le barbue de rivière;
- Le grand brochet;
- L'éperlan arc-en-ciel;
- Le grand corégone;
- Le fondule barré;
- Le poulamon Atlantique.

Aucune étude spécifique au trou de Berthier n'était disponible au moment de la rédaction de ce document. Par contre des pêches au chalut ont été réalisées par le ministère des Ressources Naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec (MRNFQ) et le ministère des Pêches et des Océans Canada (MPO) entre l'île Madame et l'île aux Grues entre juillet et septembre 2000 (Caron et al., 2001) et en 2001 (Fournier, 2002).

Ces pêches ont récolté principalement des alevins de poulamon atlantique (84% des captures) et d'éperlan arc-en-ciel (4 à 9% du volume des captures selon l'année). De plus des pêches au filet expérimental, à la seine et au verveux dans la zone intertidale des secteurs de Montmagny et de Saint-Joachim en 1989 (Massicotte et al., 1990), confirment la dominance de ces deux espèces dans la communauté ichthyenne de l'estuaire moyen. Les autres espèces capturées lors de ces travaux étaient principalement des dorés noirs, des meuniers rouges, des barbues de rivière, des aloses savoureuses et des esturgeons jaunes.

Des pêches au filet maillant et à la seine ont également été réalisées dans le chenal des Grands Voiliers plus en amont de 1972 à 1975 et en 1991 et 1992 (Fournier et Deschamps, 1997). Les espèces les plus abondamment capturées au filet maillant étaient, par ordre d'importance, le meunier rouge, le doré noir, le doré jaune, le meunier noir, la perchaude et le baret. Les meuniers, le baret, le fondule barré, la perchaude et l'éperlan arc-en-ciel étaient les espèces les plus abondantes dans les captures avec la seine (Fournier et Deschamps, 1997).

Les résultats du suivi à long terme des captures à la pêche fixe située près de la marina de Saint-Laurent de l'île d'Orléans montrent que les poissons les plus abondamment capturés annuellement sont des juvéniles de l'année d'alose savoureuse et d'éperlan arc-en-ciel et des adultes d'épinoche à trois épines, de doré noir, de doré jaune, de meunier rouge, de meunier noir, d'achigan à petite bouche et de barbut de rivière (CRPIO, 1999- 2004).

Espèces ichthyennes à statut précaire

Selon le centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), le MRNF et le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) , l'anguille d'Amérique, l'alose savoureuse, le chevalier de rivière, l'éperlan arc-en-ciel, l'esturgeon jaune et l'esturgeon noir sont considérés comme des espèces préoccupantes ou à statut précaire ou susceptible d'être désignées (tableau 3.6). Le bar rayé qui fait l'objet d'un plan de réintroduction dans le fleuve Saint-Laurent a été ajouté à cette liste et les sections qui suivent décrivent ces espèces.

Tableau 3.6 Liste des espèces de poisson à statut particuliers dans la zone d'étude

Espèce	Statut
Alose savoureuse	Désignée vulnérable, MDDEP; Espèce prioritaire, SLV 2000 ² ,
Bar rayé	Espèce disparue faisant l'objet d'un plan de réintroduction; Espèce prioritaire, SLV 2000,
Chevalier de rivière	Espèce préoccupante, COSEPAC,
Anguille d'Amérique	Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable, MRNF Espèce préoccupante, COSEPAC, 2006
Éperlan arc-en-ciel	Population du <i>sud</i> de l'estuaire désignée vulnérable, MDDEP,
Esturgeon jaune	Susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable, MDDEP; Espèce prioritaire, SLV 2000,
Esturgeon noir	Susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable, MDDEP; Espèce prioritaire, SLV 2000,

Alose savoureuse

Autrefois très abondante et pêchée commercialement, l'alose savoureuse a fortement diminué depuis cinquante ans principalement à cause de la présence de nombreux barrages qui entravent sa progression vers les sites de reproduction (Robitaille, 1997). Aujourd'hui, elle est capturée accidentellement dans les pêcheries mais elle continue d'entretenir une pêche sportive limitée dans la région de Montréal. Depuis septembre 2003, elle est classée vulnérable en vertu du Règlement sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec et fait l'objet d'un plan de rétablissement (Équipe de rétablissement de l'Alose savoureuse, 2001).

À partir du début mai, les aloses remontent le Saint-Laurent (Robitaille, 1997) pour atteindre les frayères situées près de Cornwall et d'Ottawa dans la rivière des Outaouais. Dans le réseau du Saint-Laurent, une seule frayère est connue et est située à moins de 2 km en aval de la centrale de Carillon, à la tête du lac des Deux-Montagnes (Équipe de rétablissement de l'Alose savoureuse, 2001). Des frayères potentielles ont cependant été répertoriées au sud de l'île d'Orléans, notamment entre l'embouchure du ruisseau Lallemand et l'Anse aux Sauvages à Lévis (Provost et al., 1984; Therrien et al., 1991; Mousseau et Armellin, 1995). Ces sites se caractérisent par la présence de sable, de gravier ou de galets, par une profondeur d'eau inférieure à 3 m et par une vitesse de courant comprise entre 0,2 et 1,0 m/s (Stier et Crance, 1985; Therrien et al., 1991; Robitaille, 1997).

Après avoir frayé, une partie des aloses redescendent vers la mer en empruntant surtout les eaux côtières en Rive-Sud.

Anguille d'Amérique

L'anguille d'Amérique est un poisson catadrome, c'est-à-dire qui quitte l'eau douce où elle vit pour aller se reproduire en eau salée. Tous les adultes de cette espèce vont ainsi se reproduire dans la mer des Sargasses. Selon Environnement Canada (2009) après le frai, les adultes meurent et les larves d'anguilles, sont transportées par le courant du Gulf Stream, longeant la côte est de l'Amérique du Nord, vers le nord du Labrador et le Groenland. Les jeunes anguilles pénètrent dans les eaux saumâtres et douces; certaines demeurent dans les estuaires, d'autres remontent en amont des tributaires du Saint-Laurent et même jusqu'aux Grands Lacs.

Après une période de croissance en eau douce variant entre 10 et 20 ans, elles migrent de nouveau vers la mer pour frayer. L'estuaire du Saint-Laurent représente la voie migratrice pour les anguilles adultes qui quittent le Saint-Laurent pour se reproduire vers la mer des Sargasses, seul site de reproduction connu.

Les pêcheurs commerciaux exploitent cette espèce depuis le début du 20e siècle dans le fleuve Saint-Laurent. Les débarquements qui atteignaient jusqu'à 1 000 tonnes par année dans les années 1930 n'ont pas dépassé 86 tonnes en 2007, soit la plus faible valeur historique jamais enregistrée

Selon le COSEPAC (2006) L'anguille d'Amérique tire parti d'habitats très divers (Helfman et al., 1987). Au cours de leurs migrations océaniques, les anguilles occupent des eaux salées et, dans leur phase continentale, des zones de tous les degrés de salinité. Pendant la phase continentale, l'utilisation de l'habitat marin se limite aux eaux protégées peu profondes. La survie est affectée par les conditions environnementales dans tous les habitats (océanique, estuarien, d'eau douce) occupés pendant une phase ou l'autre du cycle vital et par des facteurs anthropiques comme les centrales hydroélectriques, la modification des habitats et les pêches.

Les anguilles en période de croissance sont surtout benthiques, utilisant le substrat (roche, sable, vase), les débris du fond comme des troncs d'arbre ou branches accrochées au fond, et la végétation submergée, pour s'abriter et se protéger (Scott et Crossman, 1973; Tesch, 1977).

La présence des aloses adultes en eau douce se limite donc à la période de reproduction, alors que les juvéniles n'y séjournent que pendant les premiers mois de leur développement.

Bar rayé

Présent dans le fleuve Saint-Laurent entre le lac Saint-Pierre et Kamouraska, le bar rayé était convoité par les pêcheurs sportifs et supportait autrefois une pêche commerciale entre 1920 et 1955. La surpêche et la destruction de certains habitats lors de l'élargissement du chenal navigable dans les années 50 et 60 ont mené à la disparition de l'espèce dans le fleuve, les derniers spécimens ayant été capturés en 1968 (Robitaille, 2004).

Le bar rayé est un poisson anadrome qui s'alimentait le long des côtes de l'estuaire du Saint-Laurent en eaux peu profondes durant l'été en se déplaçant continuellement en groupes (Girard et al., 2002). Les données de capture indiquent qu'il était plus abondant sur la Rive-Sud du fleuve (Robitaille, 2001). Les plus gros individus préféraient les eaux saumâtres ou salées de juillet à octobre (en aval de Québec, notamment dans les îles de Montmagny (Dubois, 1998), alors que les juvéniles d'un an ou deux se concentraient surtout en eau douce. D'ailleurs, les plus grandes abondances de juvéniles étaient observées autour de l'île d'Orléans (Robitaille, 2001; Robitaille, 2004). En novembre, les adultes remontaient le fleuve jusqu'au lac Saint-Pierre pour y passer l'hiver, en préparation de la fraie du printemps suivant. Même si personne n'a jamais observé la reproduction du bar rayé dans le Saint-Laurent, plusieurs indices laissent présumer que la fraie pouvait avoir eu lieu principalement dans le lac Saint-Pierre et en aval de celui-ci. .

En 2001, le MRNFQ décidait de procéder à la réintroduction de cette espèce par desensemencements de fretins en 2002. La zone d'étude n'a pas été identifiée comme un secteur propice auxensemencements de fretins d'automne de bar rayé, en se basant sur les caractéristiques physiques des habitats recherchés par les juvéniles (Busque, 2004).

Chevalier de rivière

Classée espèce préoccupante par le COSEPAC, le chevalier de rivière s'adapte difficilement aux modifications de son habitat, particulièrement à l'envasement des fonds de roche calcaire. En période de fraie, vers la troisième semaine de juin, il recherche des fonds de gravier, de cailloux ou de galets pour y déposer ses œufs. Au Québec, il n'est vraisemblablement abondant que dans les rivières Richelieu et Outaouais (Bernatchez, et Giroux, 2000).

Éperlan arc-en-ciel

La zone d'étude englobe l'une des populations d'éperlans arc-en-ciel des eaux baignant les côtes du Québec, soit celle de la Rive-Sud du moyen estuaire du Saint-Laurent, entre Beaumont et Matane (Bernatchez, et al., 1995). Cependant cette population a subi un déclin important dans les quarante dernières années après la destruction de frayères importantes dont celle de la rivière Boyer. Elle vient donc d'être désignée vulnérable.

Espèce dominante des communautés ichtyennes intertidales de l'estuaire du Saint-Laurent, l'éperlan arc-en-ciel utilise la portion fluviale de la zone d'étude comme aire d'alevinage et d'alimentation.

L'éperlan arc-en-ciel se reproduit généralement dans les rivières ou les ruisseaux, dans la zone d'influence des marées ou en amont de sa limite supérieure, sur un substrat rocheux généralement constitué de gravier et de cailloux où la vitesse du courant varie de 0,1 à 1,5 m/s (Robitaille, et Vigneault, 1990; Giroux, 1997; Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel, 2003). Dans la zone située à proximité de la zone d'étude, les ruisseaux Beaumont, Labrecque et de l'Église serait potentiellement utilisé pour le frai de l'Éperlan arc-en-ciel. Une frayère a également été signalée à l'embouchure du ruisseau Claude à Beaumont (FAPAQ, 2003)

La fraie de l'éperlan se déroule généralement entre la dernière semaine d'avril et la première de mai, à des températures de l'eau comprises entre 6 et 15 °C (Robitaille, et Vigneault, 1990; Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel, 2003). Après la fraie, les éperlans adultes dévalent rapidement jusqu'à un vaste secteur compris entre Rivière-Ouelle et Métis (Robitaille, et Vigneault, 1990).

Sur la Rive-Sud de l'estuaire du Saint-Laurent, il existe deux zones principales de concentration des larves d'éperlan, soit l'Anse Sainte-Anne un peu en amont de la rivière Ouelle et le Banc de Rivière-du-Loup (Verreault, et Laganière, 2004). Ces secteurs offrent une bonne capacité de rétention des larves en raison des eaux plus chaudes et de la présence d'herbiers aquatiques favorables à leur croissance et à leur survie. Quant aux larves issues du ruisseau de l'Église et des autres ruisseaux potentiellement occupés, elles vont généralement être entraînées dans la partie amont du bouchon de turbidité de l'estuaire, entre l'île d'Orléans et l'île aux Coudres (Robitaille, et Vigneault, 1990; Giroux, 1997). La grande baie de Montmagny serait un des endroits de concentrations de larves d'éperlan. Plus tard en été, ces larves ont généralement tendance à remonter vers Québec pour se concentrer en eau douce (Gagnon et al., 1993; Gagnon, 1995).

À Saint-Laurent de l'île d'Orléans, les larves d'éperlan ont été capturées en plus grand nombre entre la mi-juin et la mi-juillet. À l'automne, les larves vont de nouveau redescendre vers le bouchon de turbidité, où se mélangent les eaux douces et salées.

Esturgeon jaune

L'esturgeon jaune fait l'objet d'une pêcherie commerciale considérée comme la plus importante en Amérique du Nord et ce en dépit du fait qu'il se retrouve sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables par le MDDEP. Sa vulnérabilité découle de sa maturité sexuelle tardive, d'un recrutement insuffisant et d'un long intervalle entre deux pontes chez les femelles. Les modifications anthropiques de ses habitats, particulièrement la perte de frayères, auraient contribué au déclin de la population (Mousseau et Armellin, 1995).

L'esturgeon jaune est une espèce d'eau douce qui fréquente parfois les eaux saumâtres (< 10 PSU de salinité), (Mousseau et Armellin, 1995). La frayère de la rivière des Prairies, en aval de la centrale du même nom, est considérée comme le plus important site de reproduction de l'espèce dans le corridor du Saint-Laurent et est utilisée au mois de mai (Garceau et Bilodeau, 2003).

On connaît aussi deux autres sites de fraie, l'un compris entre le lac Saint-François et le lac Saint-Louis, et l'autre se trouvant en amont des rapides de Lachine (La Haye et al., 2003). Comme le souligne Fortin et al. (1992), la majorité des frayères de cette espèce se retrouvent dans des zones de rapides, sur un substrat rocheux et au voisinage immédiat d'un obstacle, naturel ou non. Cette situation ne s'observe pas dans la zone d'étude.

Dans le fleuve Saint-Laurent, la reproduction s'amorce un peu plus tard, au début de juin (La Haye et al., 2003). Après l'éclosion des œufs, il s'ensuit une période de dévalaison larvaire jusqu'à la mi-juin (D'Amours et al., 2001).

Comme la zone d'étude affiche une salinité inférieure à 2 PSU (Gagnon, 1995), l'esturgeon jaune peut utiliser cette zone. À cette hauteur, l'esturgeon jaune atteint toutefois la limite aval de sa répartition dans le fleuve (Mousseau et Armellin, 1995).

Esturgeon noir

L'esturgeon noir fait aussi l'objet d'une pêche commerciale contrôlée tout en étant sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Les causes de son déclin seraient multiples : diminution de l'accès aux frayères, obstacles à la migration, surexploitation par la pêche, construction de la voie maritime, polluants d'origine agricole et mise en dépôt des matériaux de dragage (Mousseau et Armellin, 1995).

Les adultes de cette espèce migrent entre le golfe et le fleuve Saint-Laurent vers les sites de fraie à la fin de mai et au début de juin en empruntant les chenaux profonds soit plus de 10 mètres (Gagnon et al., 1993). Un suivi télémétrique, réalisé par le MRNFQ pendant plusieurs années (1998-2002), a permis de délimiter des sites de concentration d'esturgeons noirs adultes dans l'estuaire du Saint-Laurent de même que des sites potentiels de fraie (Hatin et al., 2002). Trois zones où la fraie est probable ont été identifiées, la première dans les rapides Richelieu en amont de Portneuf, la seconde dans un secteur du fleuve en face de Saint-Antoine-de-Tilly et la dernière à l'embouchure de la rivière Chaudière. Aucun de ces sites n'est donc situé à proximité de la zone d'étude. Il semble donc que les habitats de la zone d'étude ne soient pas utilisés intensivement par cette espèce. Les chenaux et les fosses profondes sont par contre utilisés pendant leur migration et déplacements (Hatin et Caron, 2002).

Un suivi par radio-télémétrie a aussi été réalisé sur les juvéniles (0-4 ans) de cette espèce pour localiser les habitats qui leur sont essentiels (Hatin et al., 2007b). Les localisations ont permis de circonscrire six zones de concentration de juvéniles, toutes situées dans le chenal des Grands Voiliers, entre Berthier-sur-Mer et Cap-Saint-Ignace (figure 3.12) Les habitats utilisés sont généralement compris entre 6 et 10 m de profondeur, la vitesse du courant y est inférieure à 1,2 m/s et le substrat est généralement dominé par l'argile et le limon.

Les esturgeons noirs s'alimentent exclusivement d'invertébrés benthiques (amphipodes, polychètes et chironomides) enfouis dans le substrat.

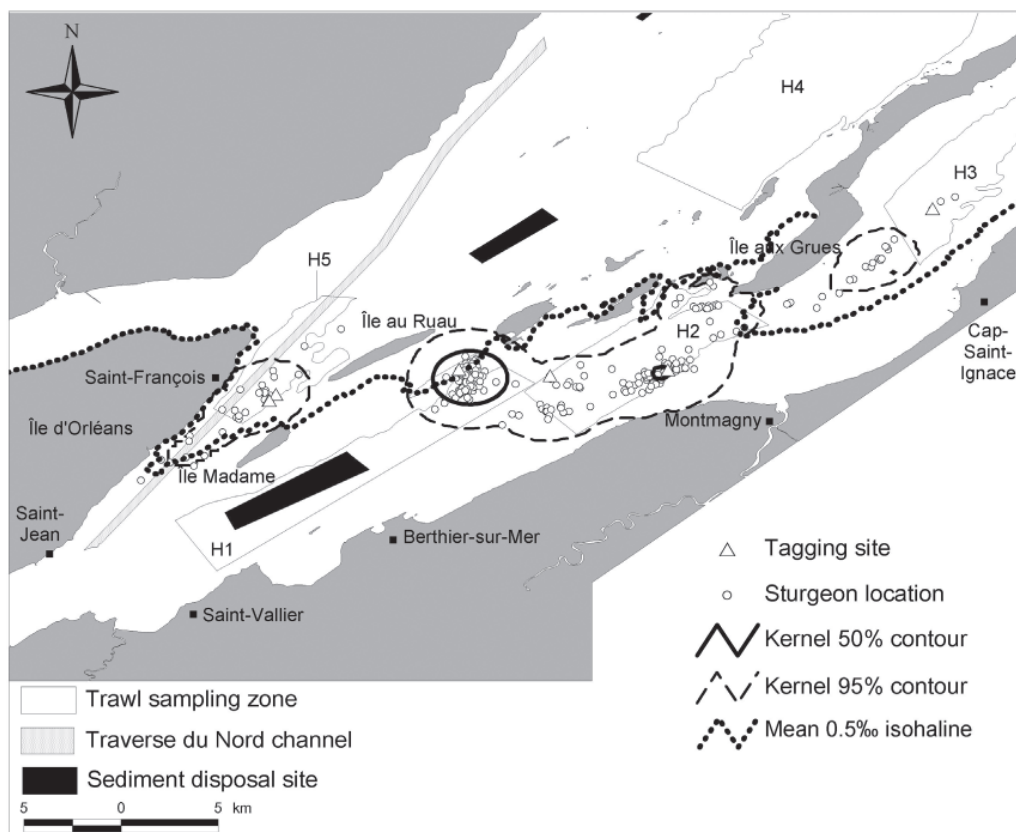


Figure 3-12 Localisation des occurrences télémétriques d'esturgeons noirs juvéniles en 2001 et 2002. Aires globales (kernel 95%), et aires de concentrations (kernel 50%) (tire de Hatin et al ,2007b)

Habitats en milieu fluvial

La zone d'étude dans sa partie aquatique peut se diviser en quelques rares tributaires du fleuve Saint-Laurent, en une zone intertidale comprenant les marais et estrans, la zone benthique subtidale allant de la profondeur zéro à marée basse jusqu'à plus de 10m et la zone pélagique qui comprend tout ce qui se trouve entre le fond et la surface de l'eau.

Tributaires du fleuve Saint-Laurent

Il n'y a que trois petits cours d'eau qui se jettent dans le fleuve dans la zone d'étude. Deux se jettent dans l'anse de Bellechasse située en amont (ruisseau Bellechasse et rivière des Mères) et un autre se jette dans l'anse de Berthier à 1km en aval (ruisseau Corriveau) Tous les cours d'eau de la zone d'étude n'ont que de très petits bassins versants et sont pour la plupart inadéquats pour leur utilisation par la faune ichthyenne.

Zone intertidale

La zone intertidale se situe entre le niveau maximum atteint par la pleine mer supérieure (marée haute) et celui atteint lors des basses mers inférieures (marée basse) et correspond à la zone pouvant émerger qui est habituellement en couleur verte sur les cartes marines (figures 3.1 et 3.2). La diversité et l'abondance relative des poissons dans cette zone varient sur le plan spatial et temporel (Mousseau et Armellin, 1995). Dans la partie supérieure des marais à scirpe, les températures élevées de l'eau et la faible teneur en oxygène rendent ce milieu peu propice à la plupart des espèces inventoriées dans la zone d'étude. De même la zone dénudée (vasière ou rocher) est aussi peu favorable à la faune ichthyenne. Seuls le fondule barré, le meunier rouge et quelques espèces d'épinoches utilisent intensivement ce milieu.

La partie moyenne (médiolittoral) de la zone intertidale, submergée entre 50 et 90% du temps, est plus favorable au développement et à la croissance de plusieurs espèces de poissons. Cet étage est colonisé par le scirpe américain et forme un vaste marais étendu le long du rivage. La démarcation entre la zone de marais à scirpe et la zone dénudée est particulièrement nette sur la figure 3.13. La partie inférieure de la zone intertidale (l'étage infralittoral submergé entre 90 et 100% du temps) correspond à la surface comprise entre le niveau de la basse mer moyenne et celui de l'extrême basse mer inférieure. Cette dernière se caractérise par une vaseière pratiquement dénudée où dominent, en abondance, le meunier rouge et le poulamon atlantique.



Figure 3-13 Zone de marais à scirpe située à l'intérieur du trou de Berthier et zones dénudées vaseuses à l'intérieur du trou de Berthier et rocheuses à l'extérieur.

Durant la saison chaude, la zone intertidale est utilisée à diverses fonctions biologiques par plusieurs espèces de poissons. Malgré l'exondation périodique, le fondule barré, l'épinoche à trois épines et l'épinoche tachetée utilisent la zone intertidale pour se reproduire (Gagnon, 1995). Ce milieu demeure non propice à la reproduction de la plupart des espèces de poissons, compte tenu de la forte variabilité temporelle à court terme des conditions physico-chimiques et de l'exposition des œufs à une dessiccation de courte durée (Gagnon et al., 1993).

Les marais à scirpe de la zone intertidale sont utilisés pour l'alimentation de plusieurs espèces de poissons, particulièrement durant la période d'alevinage alors qu'ils sont peu utilisés au stade adulte. La zone d'étude est reconnue en tant qu'aire d'alevinage pour l'alose savoureuse, le baret, l'éperlan arc-en-ciel, le gaspareau, le meunier rouge, le meunier noir et la perchaude (Mousseau et Armellin, 1995). À ces espèces, s'ajoutent les alevins de grand brochet et d'achigan à petite bouche répertoriés dans le Système d'information sur la faune aquatique (SIFA) du MRNFQ. Selon Gagnon et al. (1993), d'autres espèces telles que le fondule barré, l'épinoche à trois épines, l'épinoche tachetée et le poulamon atlantiques sont aussi susceptibles d'utiliser la zone d'étude pour l'alevinage.

Des pêches réalisées en juin 2004 en amont dans le secteur de Beaumont pour vérifier la présence de larves nouvellement formées dans les zones intertidales ont révélé une majorité de larves de meunier rouge (86%), de larves de meunier noir (moins de 1%), de quelques larves de perchaude et d'une larve de poulamon atlantique et de grand corégone (SNC-Lavalin, 2006). D'autres pêches réalisées en août 2004 ont révélé des larves d'éperlan arc-en-ciel, de méné émeraude, de queue à taches noires, de fondule barré et d'alose savoureuse.

La répartition des communautés ichthyennes est aussi influencée par le type de substrat. Gagnon et al. (1993) proposent trois types de rivage selon la composition du substrat, auxquels sont associés trois grands types d'habitat aquatique en eau douce, soit :

- les rivages à forte sédimentation (marais à scirpe);
- les rivages rocheux (marais à scirpe sur roche ou estrans rocheux);
- les rivages à sédiments grossiers tel le sable et le gravier (estran sableux).

Les rivages à forte sédimentation sont composés de sédiments fins, propices au développement des marais intertidaux comme les marais à scirpe américain. Ce type de rivage est présent à l'intérieur du trou de Berthier tel qu'en fait foi la figure 3.13.

La partie extérieure du trou de Berthier est largement dominée par les rivages rocheux et sablo-graveleux, généralement impropres au développement de la végétation. Le long de ces rivages, les marais à scirpe sur roche se développent uniquement lorsqu'une mince couche de sédiments fins s'accumule dans des cuvettes à l'abri des courants forts. Cette situation ne se présente toutefois pas dans la zone d'étude.

Comme le soulignent Gagnon et al. (1993), la zone intertidale des rivages rocheux, est généralement médiocre en termes de richesse et d'abondance faunique en raison de la forte turbidité de l'eau, de la forte intensité des courants, de la forte variabilité temporelle des conditions physico-chimiques associées aux mouvements des marées et de l'érosion par les glaces.

Zone benthique subtidale

La zone benthique subtidale s'étend sous le niveau des basses mers inférieures. Ce milieu est une aire d'alimentation pour plusieurs poissons adultes comme le chabot tacheté, le chabot à tête plate, le meunier rouge, le poulamon atlantique, le grand corégone et l'esturgeon noir (Gagnon et al., 1993). Les études récentes montrent que les juvéniles de l'esturgeon noir se déplacent et s'alimentent dans les chenaux ; à des profondeurs généralement comprises entre 6 et 10m loin du rivage des zones intertidales et des îles (Hatin et al, 2007). Les adultes sont par contre retrouvés à des profondeurs toujours supérieures à 10m.

Zone pélagique

La zone pélagique correspond au milieu de pleine eau où les poissons se développent généralement libres de tout contact avec le substrat. Située à l'extérieur des marais à scirpe, les courants y sont plus forts et empêchent la sédimentation des particules fines. Ce milieu est néanmoins fréquenté par les larves de plusieurs espèces d'intérêt telles le poulamon atlantique, l'éperlan arc-en-ciel, l'alose savoureuse, le gaspareau, le grand corégone et l'anguille d'Amérique (Mousseau et Armellin, 1995). Au stade adulte, l'éperlan arc-en-ciel, le poulamon atlantique, le grand corégone et les dorés vont s'y concentrer pour se nourrir (Gagnon et al., 1993). Le milieu pélagique est également utilisé pour les migrations de fraie des poissons. La Rive-Sud du fleuve Saint-Laurent, et par le fait même la zone d'étude, est utilisée pour la migration des aloses savoureuses en été (juillet – août) et des anguilles d'Amérique à l'automne (à la fin de septembre). Les éperlans arc-en-ciel et les poulamons atlantiques empruntent, quant à eux, la Rive-Nord lors de leur migration annuelle (Mousseau et Armellin, 1995).

3.3.4 Faune avienne

L'estuaire moyen du Saint-Laurent constitue l'une des régions les plus fréquentées par la sauvagine de tout le couloir du Saint-Laurent principalement à cause de la présence de vastes zone intertidales servant d'aire de repos et d'alimentation. Les municipalités de Saint-Vallier et de Montmagny abritent des refuges d'oiseaux migrateurs importants soit respectivement de 361,9 et 121,8 hectares. Le trou de Berthier (54,6 ha) constitue aussi une aire de refuge importante et est classé comme une aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA 02-12-0113/0182/0183-1995, Guy Trencia, communication personnelle).

En période migratoire, ces zones abritent principalement des espèces telles que la grande oie des neiges et la bernache du Canada en plus des canards plongeurs (morillons) et les canards barboteurs (canards noirs, colverts et sarcelles). En période migratoire on retrouverait entre 100 et 500 grandes oies des neiges par km de rive dans le secteur de Berthier-sur-Mer (Mousseau et Armellin, 1995). De plus on y dénombrait 4 à 5 couples de canards noirs qui nichaient dans le trou de Berthier (Harold Sohier et Ass., 1988).

Notons également la présence de la sterne pierregarin qui niche régulièrement sur l'îlet Bellechasse et peut être souvent observée à proximité du quai et de la marina de Berthier-sur-Mer. Cette municipalité a d'ailleurs fait de cet oiseau son emblème aviaire depuis l'automne 2009 (Cyberpresse. 2009)

Plusieurs espèces limicoles y sont également dénombrées : le pluvier à collier, le pluvier kildir, le pluvier argenté, le petit et le grand chevalier, le bécasseau à croupion blanc, le bécasseau minuscule ainsi que le bécasseau semipalmé ce dernier ayant été recensé à plus de 2000 individus dans la baie de St-Vallier (http://www.qc.ec.gc.ca/faune/faune/html/rom_saint-vallier.html). Enfin, la majorité des oiseaux coloniaux observés dans le secteur utilisent les milieux littoraux comme aire de repos et d'alimentation et nichent plutôt sur les îles retrouvées à proximité de la zone d'étude (Mousseau et Armellin, 1995). Les oiseaux coloniaux retrouvés dans le secteur comprennent le goéland à bec cerclé, le goéland argenté et le goéland à manteau noir.

3.3.5 Herpétofaune

Selon la Direction de l'aménagement de la faune de Chaudière-Appalaches (MRNFP, 2007), deux espèces de grenouilles seraient présentes dans la zone d'étude : la grenouille léopard (*Rana pipiens*) et la grenouille des bois (*Rana sylvatica*). Aucun reptile ne serait répertorié dans la zone d'étude.

3.3.6 Mammifères

Plusieurs espèces de mammifères semi-aquatiques fréquentent les milieux aquatiques et riverains de l'estuaire du Saint-Laurent. Citons notamment l'espèce la plus fréquente soit le rat musqué commun et d'autres espèces moins courantes comme le vison d'Amérique, le castor et l'hermine.

Le secteur de Berthier-sur-Mer ne fait partie de l'aire de répartition d'aucun mammifère marin bien que certains individus isolés de phoque commun, rorqual commun et petit rorqual s'aventurent parfois jusqu'à Québec.

3.4 MILIEU HUMAIN

3.4.1 Localisation et géographie

La municipalité de Berthier-sur-Mer est située sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent à quelques 60 kilomètres à l'est de Québec entre les municipalités de Montmagny à l'est, celle de Saint-Vallier à l'ouest et celles de Saint-Francois-de-la-Rivière-du-Sud et Saint-Pierre-de-la-Rivière-du-Sud au sud. Son territoire s'étend sur 6 kilomètres de longueur par 2,5 kilomètres de profondeur soit environ jusqu'à l'autoroute Jean-Lesage (20). L'ouest constitue la partie plus élevée et accidentée du territoire. On y retrouve principalement des exploitations agricoles à l'intérieur des terres et des résidences annuelles et secondaires le long du fleuve.

Le village, plus densément peuplé, se retrouve en plaine au centre du territoire, à quelques deux kilomètres des rives du Saint-Laurent. On y retrouve, sur le littoral des résidences principales et secondaires ainsi qu'un complexe récréotouristique composé d'une marina pouvant accueillir 80 bateaux, un quai, le parc « site du manoir Dénéchaud » et une magnifique plage.

Enfin, la partie est, de nouveau plus accidentée est très recherchée par les amateurs du fleuve et de la nature en général. On y retrouve, au nord du boulevard Blais Est (route 132), des résidences principales et secondaires et au sud des exploitations agricoles et des boisés privés bordés par l'autoroute Jean-Lesage (autoroute 20).

3.4.2 Histoire et patrimoine

En 1637 une bande de terre d'un quart de lieue de largeur sur une lieue et demie de profondeur avec façade sur l'Anse de Bellechasse fut donnée en concession au célèbre intermédiaire et interprète Nicolas Marsolet de St-Aignan. Ses occupations de commerce et de traite, maître de barque et trafiquant ne lui auraient laissé guère de temps pour remplir son obligation première de " Seigneur " soit le recrutement et l'établissement de défricheurs et colons. En 1672, il acceptait de rétrocéder sa seigneurie de " Belle Chasse " concédée et agrandie à deux lieux de front par l'intendant Talon au Sieur Alexandre de Berthier, capitaine du régiment de Carignan. Le seigneur poursuit sa carrière militaire et engagea Pierre Bazin comme fermier pour s'occuper de sa seigneurie. Lors du recensement de 1681, Pierre Bazin, son épouse et ses cinq enfants se retrouvèrent au début de la liste des habitants de la Seigneurie de " Belle Chasse " dont le nombre était de 18 personnes. Après la mort d'Alexandre, l'aîné des fils du capitaine de Berthier, la jeune veuve âgée de 16 ans hérita de la Seigneurie de Belle Chasse-Berthier. En 1706, elle fit une donation pour y placer l'église, le cimetière et le presbytère. En 1720, la seigneuresse vint s'installer de façon permanente à Berthier-en-bas.

De 1672 à 1845, les seigneurs se succédèrent et en 1845 une proclamation du gouverneur Metcalfe nommait d'autorité les membres du premier conseil municipal à siéger à Berthier. Dans l'intervalle de dix ans, les conseils municipaux sont nommés par le gouverneur général. A partir de 1855, le conseil est élu par les contribuables pour la première fois. En 1847, le typhus apporté par les immigrants irlandais fit quelques victimes et donna aux gens l'opportunité d'exercer la charité, plusieurs orphelins irlandais furent adoptés et élevés à Berthier.

Étant située sur le bord du fleuve, et possédant des abris naturels (Anse de Bellechasse, Anse Verte, plage de Berthier, Trou de Berthier), les principales occupations des habitants étaient l'agriculture (culture du blé, du seigle) et la navigation. Plusieurs capitaines demeuraient à Berthier. Les marins de la paroisse travaillaient sur de petits bateaux au service du gouvernement fédéral, sur des dragueurs et de petits cargos. En 1853, un quai était construit par le gouvernement fédéral. Entre 1940 à 1960 il servit de port d'attache aux goélettes qui transportaient du bois de pulpe vers Québec.

En 1970, l'appellation de Berthier-en-bas fut changé en Berthier-sur-Mer." Capitale de la Voile " depuis 1992, la villégiature et le développement récréotouristique marquent spécialement le rythme de vie de la municipalité. Le site du manoir Dénéchaud et le quai, acquis par la municipalité offrent à la population un accès direct au fleuve, et forment avec la marina publique et les Croisières Lachance un site récréotouristique majeur.

Plusieurs bâtiments témoignent de l'évolution de l'ancienne seigneurie de Bellechasse-Berthier et du noyau villageois. Citons entre autres :

- L'église (1859);
- Le presbytère (1860);
- Les vestiges de la haute cheminée du manoir Dénéchaud (1813);
- De nombreuses maisons ancestrales.

3.4.3 Démographie et contexte régional

La municipalité de Berthier-sur-Mer compte 1 239 habitants (données de 2006) auxquels s'ajoute plus de 1000 résidents en période estivale. Depuis le dernier recensement en 2001 la population y a diminué de 5,2% (Statistiques Canada, 2009) L'âge médian est de 49 ans et 86,7% de la population est plus âgée que 15 ans. Avec une superficie des terres de 26,8 km² la densité de la population y est 46,2 habitants/ km².

Berthier-sur-Mer fait partie de la MRC de Montmagny dont la population totalise 23201 habitants. Située sur la rive sud du Saint-Laurent et presque à la limite est du territoire régional, la MRC de Montmagny couvre une superficie de 1 713,15 km² et comprend 14 municipalités. La Ville de Montmagny constitue le principal pôle urbain du territoire.

3.4.4 Occupation du sol et utilisation du territoire

Le territoire de la MRC de Montmagny se divise en trois ensembles géographiques principaux. Le premier ensemble est constitué de la zone riveraine de l'Estuaire du Saint-Laurent et ses îles. Deuxièmement, la plaine est constituée des Basses-Terres du Saint-Laurent et s'étend d'est en ouest et couvre la partie nord de la MRC de Montmagny. Elle se caractérise par des sols à fort potentiel agricole. Troisièmement, le piedmont, couvert d'une forêt mixte, est formé d'une série de crêtes et de terrasses rocheuses et se situe dans la partie sud du territoire. Les monts Notre-Dame y dominent le paysage à des altitudes s'élevant jusqu'à 850 mètres (site internet, MRC de Montmagny, 2010).

La zone riveraine est essentiellement résidentielle et comprend aussi de nombreuses résidences de villégiature. Les champs à vocation agricole sont clairement définis et sont limités par une zone boisée s'allongeant au nord de l'autoroute Jean-Lesage (autoroute 20). La limite sud de la municipalité de Berthier-sur-Mer correspond généralement au tracé de l'autoroute Jean-Lesage (autoroute 20). La figure 3.14 illustre ces trois ensembles clairement.



Figure 3-14 Principaux ensembles géographiques et utilisation du sol.

La municipalité de Berthier-sur-Mer est bien desservie par un réseau routier simple formé par le boulevard Blais Est (route 132) longeant la cote et l'autoroute Jean-Lesage (autoroute 20) formant la limite sud et des routes perpendiculaires soient la route de Saint-Francois au centre et la route de Saint-Pierre à l'est.

La figure 3-15 présente le plan d'urbanisme révisé mais non approuvée par le conseil municipal de BSM. Le secteur du HBSM est identifié comme un secteur d'équipement et espace public situé juste à l'ouest d'une zone de parcs et espaces verts. Les zones adjacentes sont identifiées comme zones de villégiature.



Figure 3-15 Version préliminaire du plan d'urbanisme de Berthier-sur-Mer.

3.4.5 Emplois et activités socio-économiques

On dénombre quelques 850 entreprises dans la MRC de Montmagny, offrant un total de 10 780 emplois. La majorité des entreprises sont de très petite taille. En effet, 91% d'entre elles emploient moins de 20 personnes (Emploi Québec, 2008). Selon la Liste des industries et commerces, les entreprises les plus importantes en terme de volume d'emplois (200 et plus), sont:

- CLSC-CHSLD de la MRC de Montmagny;
- Hôpital du CSSS de Montmagny;
- Garant (fabrication de coutellerie et d'outils à main);
- Société de commandite Prolam (fabrication de menuiseries préfabriquées);
- Montel inc. (fabrication de vitrines d'exposition, cloisons rayonnages et casiers);
- Bois Daaquam (préservation du bois);
- Produits métalliques Roy (fabrication de meubles de maison).

Dans la MRC de Montmagny on observe que le secteur primaire occupe une proportion moindre de la main-d'œuvre en emploi que la moyenne régionale (6,2 % contre 7,0 % en 2001). Ces emplois se retrouvent surtout en agriculture.

Pour sa part, le secteur secondaire (construction et fabrication) offre de l'emploi à 38,7 % de la main-d'œuvre, par comparaison avec 29,9 % régionalement. C'est dans la fabrication de meubles, de produits en bois et de produits métalliques que la MRC se distingue quant au pourcentage d'emplois procurés par les industries manufacturières.

Dans Montmagny, comme dans l'ensemble des territoires de la région, ce sont le commerce de détail ainsi que les soins de santé et d'assistance sociale qui offrent la plus grande part de l'emploi du secteur tertiaire. Il en est de même pour la moyenne québécoise.

Volumes d'emplois les plus importants selon le secteur (en 2001) :

- Commerce de détail (1 255);
- Soins de santé et assistance sociale (1 090);
- Fabrication de meubles (1 055);
- Fabrication de produits en bois (655);
- Hébergement et restauration (625);
- Agriculture (570);
- Autres services (485);
- Services d'enseignement (475);
- Fabrication de produits métalliques (400).

Dans la municipalité de Berthier-sur-Mer sur une population active de 680 personnes, 10 (1,5%) travaillent dans le secteur primaire essentiellement l'agriculture, 235 (34,5 %) dans le secteur secondaire et le reste dans le secteur tertiaire soit 64% de la population active ce qui est du même ordre de grandeur que la moyenne régionale.

3.4.6 Activités et projets reliés au milieu marin

Doté d'un riche passé patrimonial et maritime et enveloppé dans un cadre naturel enchanteur, la municipalité représente la porte d'entrée vers Grosse-Île, de par sa proximité avec l'île et ses multiples avantages géographiques. L'aménagement du port (lieu de départ des croisières) par le Havre de Berthier-sur-Mer à l'ouest du quai, plus précisément dans le trou de Berthier, s'est avéré par le passé la meilleure option technico-financière de par son accessibilité via les voies terrestres et maritimes et de par la protection maritime naturelle du lieu face aux tempêtes et à l'agitation de la mer.

Les principales activités reliées au milieu marin sont :

- les croisières offertes par le groupe Croisières Lachance au départ du Havre de Berthier-sur-Mer. Croisières Lachance possède deux bateaux de croisière dont le port d'attache est le Havre de Berthier-sur-Mer soit le Lachance III (100 passagers) et le Vent des Îles (170 passagers). En période estivale, ils offrent deux départs par jour vers la Grosse-Île et des départs vers l'Île-aux-Grues , l'Île-aux-Canots et des croisières d'observation de la nature dans la région;
- la navigation de plaisance et les activités nautiques à partir des installations du Havre-de-Berthier-sur-Mer et de la plage adjacente au quai de Berthier-sur-Mer (bateau moteur, voile, canot, planche à voile, kite, kayak, etc);
- l'observation ornithologique (oies, outardes, canards et autres) et de la mer en général sur le littoral marin.

Depuis les débuts de l'exploitation du lieu historique national de Grosse-Île, Berthier-sur-Mer a toujours représenté la porte d'entrée principale de Grosse-Île, attrait touristique principal de la région de la Chaudière-Appalaches puisque près de 85% de la clientèle part de Berthier-sur-Mer.

Les visiteurs sont d'abord accueillis en bordure du fleuve Saint-Laurent sur un site intégré composé de deux propriétés: le site Dunière-Dénéchaud situé à l'extrémité Nord-Est de la rue de la Marina et propriété de la municipalité de Berthier-sur-Mer (BSM) et le site situé du côté Nord-Ouest de la rue de la Marina, propriété de la Corporation du Havre de Berthier-sur-Mer Inc. (CHBSM). Puisque ce secteur géographique est partagé et exploité par deux entités administratives distinctes et que traditionnellement et historiquement, il est considéré comme un seul et même site, la Municipalité et le Havre de Berthier-sur-Mer ont convenu de collaborer conjointement au développement et à la mise en valeur de ce site exceptionnel afin d'améliorer l'accueil, l'accessibilité et la promotion du produit Grosse-Île.

Le projet (dit Parc Fluvial) consiste donc à réaliser un aménagement commun intégré des deux sites afin de créer un parc fluvial, incluant les services conséquents, afin d'améliorer l'accueil, l'accessibilité et la promotion du produit Grosse-Île. Ce projet a reçu son financement au début de 2010 et devra être réalisé en majeure partie avant le printemps 2011. Plus précisément, ce projet permettra de:

- Rehausser la qualité des services d'accueil des visiteurs se rendant à Grosse-Île et des autres touristes de passage;
- Réaliser un aménagement pour l'identification, la mise en valeur et l'interprétation de l'Archipel, de Grosse-Île, de l'environnement fluvial et du site historique afin d'accroître l'intérêt pour la visite de la Grosse-Île et d'exercer une rétention des visiteurs;
- Améliorer l'accès au fleuve Saint-Laurent vers Grosse-Île par les travaux de nettoyage du chenal commercial;
- Réaliser un aménagement intégré, fonctionnel et global pour l'ensemble du site (Dénéchaud/Havre) en tenant compte de différentes fonctions (accueil, boutique, billetterie, port de plaisance, aires de contemplation, aires d'interprétation et d'animation, aires de stationnement, aires de circulation pédestre, aires de pique-nique);
- Réaliser un aménagement et des activités qui auront pour effets de générer des revenus et de dégager des bénéfices pour les promoteurs afin de pouvoir réinvestir de façon régulière sur le site.

Le programme décennal de dragage d'entretien constitue donc un élément essentiel sans lequel le développement du site et du projet de Parc Fluvial ne peut se réaliser.

3.4.7 Activités de pêche

Selon le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), il y avait 5 pêcheurs dans la région de Montmagny-L'Islet et 5 permis de pêche alloués dont un permis est exploité à partir de la rive nord du fleuve et quatre à partir de la rive sud. Les engins autorisés sont :

- 3 filets-trappes;
- 4 seines;
- 25 filets à esturgeon (jaune et noir).

Les espèces et volumes correspondants pêchés en 2009 furent :

- Anguille=0 kg;
- Esturgeon jaune= 884 kg;
- Esturgeon noir= 30166 kg.

Les espèces autorisées en 2009 furent l'anguille d'Amérique, le barbeau de rivière, la carpe, l'éperlan, le grand corégone, le poulamon, l'esturgeon jaune et l'esturgeon noir. Les périodes actives de pêche sont pour les filets-trappe du 15 avril au 14 décembre sauf pour l'éperlan qui commence au 1^{er} septembre, la seine du 1^{er} avril au 31 mars et les filets pour l'esturgeon noir du 1^{er} mai au 30 juin et du 15 août au 30 septembre et l'esturgeon jaune du 14 juin à 12h au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre.

4 DESCRIPTION DU PROJET ET DES ALTERNATIVES

Cette section décrit les alternatives considérées et l'alternative retenue pour la réalisation du programme décennal de dragage d'entretien du havre de Berthier-sur-Mer. L'analyse des alternatives et la sélection finale était basée sur des critères techniques, économiques et environnementaux.

4.1 ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE ET DE MISE EN DÉPÔT

Au Québec il existe trois types de dragues disponibles, soit les dragues mécaniques, les dragues hydrauliques et les dragues spéciales. On retrouve aussi divers types d'équipements de transport.

4.1.1 Équipements mécaniques

Les dragues mécaniques sont conçues pour tous les types de matériaux aussi bien durs que meubles. Elles prélèvent les sédiments par l'application directe d'une force mécanique sur le fond. Le principal avantage de ce type d'équipement est que les matériaux dragués conservent pratiquement les propriétés physiques in situ ce qui réduit le volume de matériaux à transporter, à traiter ou à mettre en dépôt et minimise la contenu en eau. Les dragues mécaniques peuvent être opérées et manœuvrées dans des zones restreintes et confinées et sont très utiles en présence d'obstacles et de débris. Elles ont toutefois un rendement relativement modeste (<500 m³/h) qui diminue lorsque la profondeur du site à draguer augmente.

Il existe actuellement deux types de dragues mécaniques susceptibles d'opérer dans le Saint-Laurent : la drague à benne preneuse et la drague rétrocaveuse.

Drague à benne preneuse

Ces dragues sont montées sur une grue et sont utilisées pour extraire tous les types de sédiments (fins consolidés, sables et (ou) graviers). La benne descend jusqu'au fond en position ouverte et pénètre dans les matériaux à draguer sous l'effet de son propre poids et de l'action du mécanisme de fermeture. Après la remontée, les déblais de dragage sont déchargés en relâchant le câble fermant la benne (figure 4.1).



Figure 4-1 Drague à benne preneuse

La drague à benne preneuse est particulièrement appropriée pour l'excavation de petits volumes ou pour l'entretien des petites installations portuaires. En effet, ce type de drague possède une bonne facilité de manœuvre ainsi qu'un contrôle d'opération efficace sur des surfaces restreintes. D'autre part, les bennes de grandes dimensions sont également en mesure de réaliser des travaux d'envergure. En fait, c'est l'un des types de drague les plus répandus dans le monde.

La drague à benne preneuse est surtout efficace dans les sables et les graviers fins et dans les sédiments fins cohésifs et peu cohésifs ainsi que dans les sites difficilement accessibles. Son rendement diminue toutefois lorsque les sédiments sont plus grossiers. En effet, les gros cailloux peuvent empêcher la benne de se refermer complètement, ce qui crée une fuite des sédiments plus fins. Elle a un rendement moyen dans les vagues et la houle.

La longueur du câble de levage de la benne n'est pratiquement pas limitée et la plupart des dragues de ce type permettent de travailler à plus de 12 m de profondeur. Cependant, le courant peut constituer une limite à la profondeur du dragage, c'est-à-dire que la précision diminuera avec la profondeur lorsque le contrôle de la benne sera perturbé par le courant.

La capacité des bennes varie de 0,75 m³ à 6,0 m³ et le rythme de travail est de l'ordre de 20 à 30 cycles par heure selon la profondeur et les caractéristiques du substrat.

Les dragues à benne preneuse peuvent générer une remise en suspension importante des sédiments lors de l'impact de la benne sur le fond, lors de la pénétration de la benne et à la montée de la benne d'où peuvent s'échapper les sédiments dragués.

Drague rétrocaveuse

La drague rétrocaveuse consiste essentiellement en une pelle hydraulique installée sur le pont renforcé d'un chaland (figure 4.2). Le godet de la drague est fixé à un bras de manœuvre articulé sur la flèche, et les matériaux sont extraits en ramenant le godet vers la drague. Les produits de dragage sont déposés sur les rives ou dans les chalands.



Figure 4-2 Drague rétrocaveuse

La drague rétrocaveuse peut normalement opérer jusqu'à une profondeur d'environ 6 à 12 m et récupérer des sédiments de toutes tailles, depuis les cailloux et le gravier, le sable fin à grossier et jusqu'aux silts à l'argile compacte. Elle est habituellement équipée de godets dont la capacité varie de 1 m³ à 3 m³.

Cette drague peut toutefois occasionner des pertes importantes de matériaux dragués et, pour cette raison, elle est rarement utilisée pour l'excavation de sédiments fins moins cohésifs.

4.1.2 Équipements hydrauliques

Les dragues hydrauliques aspirent et refoulent les sédiments sous forme de boues liquides à l'aide de pompes puissantes. Elles sont généralement montées sur des barges équipées de pompes raccordées à des pipelines de refoulement montés sur flotteurs. Les boues liquides, contenant généralement entre 10 à 20% de matières solides (en poids) sont évacuées à des distances variables du site d'extraction à l'aide de pipelines. Certaines dragues hydrauliques peuvent aussi accumuler les matériaux dans un puits central et sont alors appelé drague suceuse porteuse.

Les dragues hydrauliques sont généralement plus productives que les dragues mécaniques; leur rendement peut atteindre 7 600 m³/h et plus. Leur performance sur le plan de la remise en suspension des sédiments au site de l'excavation est de beaucoup meilleure à celle des dragues mécaniques mais elle génère beaucoup de MES au point d'évacuation à cause de la forte teneur en eau (80-90%). Il existe actuellement trois types de dragues hydrauliques susceptibles d'opérer sur le Saint-Laurent : la drague suceuse simple, la drague suceuse à désagrégateur et la drague suceuse porteuse.

Drague suceuse simple

La drague suceuse simple opère par aspiration à l'aide d'une pompe et se déplace généralement à l'aide d'un système de câbles d'ancrage. Elles existent en diverses dimensions et puissances et ont un excellent rendement. Ces dragues sont généralement utilisées pour l'extraction de la boue, des sables (peu compacts) et même des graviers. Leur rendement est proportionnel au diamètre des élinde (tube métallique servant de conduite d'aspiration), à la puissance de la pompe, à la vitesse de déchargement et à la nature des matériaux dragués.

Drague suceuse à désagrégateur

Cette drague suceuse est dotée d'un puissant appareil rotatif (désagrégateur) monté à l'extrémité de l'élinde visant à désagréger le matériel avant de l'aspirer. Le désagrégateur fragmente les matériaux durs et cohésifs en morceaux plus petits qui sont pompés par une tête aspiratrice. Il existe plusieurs types de têtes désagrégatrices adaptées aux différents types de sédiments (figure 4.3).



Figure 4-3 Drague suceuse à tête désagrégatrice

Comme la plupart des dragues, la drague suceuse à désagrégateur est généralement équipée de deux pieux descendus dans le fond marin qui servent à stabiliser et à assurer son positionnement pendant le dragage. Lorsque le désagrégateur est enlevé ou en position d'arrêt, l'appareil peut opérer comme une drague suceuse ordinaire.

L'efficacité du dragage dépend de l'équilibre entre l'action mécanique du désagrégateur et la succion hydraulique. La variabilité du rendement est fonction aussi de la granulométrie des matériaux dragués, de la profondeur d'excavation et de la taille de la drague.

Les dragues de ce type sont utilisées dans le monde entier principalement à cause de leur rendement et de leur souplesse d'utilisation.

Drague suceuse porteuse

Ces dragues diffèrent des autres dragues suceuses par le fait qu'elles sont montées sur des navires autopropulsés et qu'elles transportent les sédiments dragués à bord plutôt que de les déverser sur des barges. Les élinde sont suspendues par des bossoirs (potence orientable) des deux côtés de la coque (figure 4.4). En position de dragage, l'extrémité de l'élinde traîne sur le fond et le navire se déplace à faible vitesse. Les matériaux sont aspirés par l'élinde et stockés dans des puits à déblais où le mélange eau-sédiments décante. Le surplus d'eau à faible teneur en matières en suspension est rejeté en mer par des déversoirs et les solides sont accumulés à bord. Les dragues suceuses porteuses sont très efficaces pour excaver des matériaux meubles, non cohésifs. Ce type de drague automotrice peut opérer en mer houleuse, dans des courants relativement forts, en pleine circulation maritime et sous de mauvaises conditions atmosphériques. La profondeur de dragage minimale est toutefois limitée au tirant d'eau du navire.



Figure 4-4 Drague suceuse porteuse à élinde trainante.

Comme ce type de drague fonctionne sans aucun système d'ancrage, la surface draguée peut être très irrégulière à cause de la houle, si bien qu'il faut généralement enlever une couche plus épaisse de sédiments pour obtenir la profondeur voulue. De façon générale, l'utilisation de ce type de drague dans le Saint-Laurent est restreinte à l'entretien de certains tronçons du chenal maritime où l'accumulation est importante comme dans la Traverse Nord de l'Île d'Orléans.

4.1.3 Dragues spéciales

Il existe un type de drague spécialisée conçue au Québec, soit une drague à godet pompe (Amphibex, figure 4.5).



Figure 4-5 Drague Amphibex

La drague amphibie Amphibex est une pelle rétrocaveuse montée sur un ponton et équipée de stabilisateurs ainsi que d'une hélice. Elle peut donc opérer de façon autonome aussi bien sur terre que dans l'eau ou dans les zones marécageuses. En plus d'un godet excavateur conventionnel, cette drague peut également être munie d'un godet-pompe : deux pompes à déblais situées dans le godet permettent de pomper en continu les matières délogées. Pour éviter l'obstruction des conduites, des lames coupantes sont logées à l'entrée de la pompe afin d'assurer le déchiquetage des racines ou de la végétation. Le mélange pompé est refoulé dans un pipeline pouvant mesurer jusqu'à 500 m.

Cet équipement peut effectuer le dragage et la récupération des matériaux non admissibles aux rejets en eaux libres et faciliter leur dépôt sécuritaire en rive ou en milieu terrestre. L'appareil est capable d'effectuer des excavations depuis de très faibles profondeurs jusqu'à 6,5 mètres. Ce type de drague n'a cependant pas été utilisé en milieu marin à date.

4.1.4 Équipements de transport

Les équipements de transport sont utilisés pour déplacer les sédiments dragués vers le site de rejet ou de dépôt. Généralement les matériaux de dragage sont déposés dans des barges ou des chalands appelés marie-salopes (figure 4.6).



Figure 4-6 Chaland à fond ouvrant pour le transport des matériaux dragués

Ces embarcations, parfois automotrices, sont munies de fond plats ou de fonds ouvrants et peuvent se déplacer à partir d'un tirant d'eau de plus de 3 mètres. Il est toutefois possible de les utiliser à marée haute ou lors des crues afin de déposer les sédiments à des endroits autrement inaccessibles. Les sédiments mis dans une barge à fond plat doivent être évacués à l'aide d'une pelle hydraulique ou encore à l'aide d'une pompe et d'un pipeline.

L'autre technique, largement utilisée mondialement, est le pipeline qui permet de transporter les sédiments dans des zones peu profondes inaccessibles par barge ou chaland. Avec des pompes le transport de sédiment à plusieurs km mais peut entraver alors la circulation et les activités maritimes.

Les dragues suceuses porteuses (type hydraulique) transportent les sédiments dragués à bord. Lorsque le rejet en eau libre est permis, les dragues hydrauliques peuvent transporter et rejeter les sédiments sur de bonnes distances à l'aide de conduites d'évacuation (pipelines) flottantes ou submergées.

Dans le cas des sédiments devant être mis en milieu terrestre, des camions sont utilisés comme moyen de transport. Ce mode de transport est assez rare, sauf si les sédiments ont été préalablement asséchés et que les bennes des camions sont étanches.

4.1.5 Analyse et sélection des équipements de dragage et de transport

Le tableau 4.1 synthétise les éléments importants utilisés dans la sélection de l'équipement de dragage. L'équipement retenu est la drague à benne preneuse. Les principaux éléments supportant ce choix sont les suivants :

- Tirant d'eau

La drague suceuse porteuse ne peut opérer pour ce dragage à cause du tirant d'eau de la drague qui est plus grand que la profondeur de dragage

- Largeur

La drague suceuse porteuse ne peut opérer pour ce dragage à cause de la largeur de la drague qui est du même ordre de grandeur que la largeur du chenal d'entrée du bassin.

- Profondeur de dragage

La petite drague Amphibex ne peut opérer à une profondeur supérieure à 6m ce qui limitera le dragage lors des marées hautes (4.6 à 6.1m) et augmenterait le temps de réalisation et les coûts.

- Pourcentage de solides dans la boue

Les dragues hydrauliques et la drague Amphibex qui fonctionne aussi avec des pompes hydrauliques doivent prélever une grande proportion d'eau pour pouvoir aspirer les sédiments. Cette proportion d'eau varie de 10 à 20 % pour les dragues hydrauliques classiques et peut aller jusqu'à 50 % pour la drague Amphibex dont les pompes sont situées sur le godet. Cette caractéristique fait en sorte que les sédiments deviennent très fluides et le volume de matériaux à disposer augmente considérablement. On doit donc gérer ces matériaux comme un liquide qui doit soit être décanté dans un espace confiné ou dispersé dans le milieu aquatique. Afin de diminuer le volume de matériaux à gérer et/ou l'impact du rejet en eau libre, ces méthodes de dragage n'ont pas été retenues.

Tableau 4.1 Sélection des équipements de dragage et de transport

<i>Type d'équipement</i>	<i>Mécanique</i>		<i>Spéciale</i>	<i>Hydraulique</i>		
	<i>Benne preneuse</i>	<i>Rétrocaveuse</i>	<i>Amphibex (400-600)</i>	<i>Suceuse simple</i>	<i>Suceuse à désagrégateur</i>	<i>Suceuse porteuse</i>
<i>Tirant d'eau (m)</i>	1-2	1-2	0.4-0.6	1-2	1-4	5.5
<i>Largeur (m)</i>	7	7	3.5-4.2	4-10	5-10	12
<i>Profondeur max. (m)</i>	15-40	15	6-12	18-25	18-25	>20
<i>Disponibilité</i>	Facile	Facile	Moyen	Faible	Faible	Faible
<i>Rendement</i>	Moyen	Faible	Faible	Élevée	Élevée	Élevée
<i>Type de matériaux</i>	Tout	Tout sauf gros blocs	Sédiments fins, sable et gravier	Sédiments fins, sable et gravier	Sédiments fins, sable et gravier	Sédiments fins, sable et gravier
<i>Remise en suspension</i>	Élevée	Élevée	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
<i>% de solide dans la boue</i>	In situ	In situ	15-50	10-15	10-20	10-20
<i>Mode de transport matériaux</i>	Barge, camion	Barge, camion	Pipeline, barge	Pipeline, barge	Pipeline, barge	Autonome
<i>Coût (\$/m³ incluant mobilisation)</i>	5-15	5-15	10-30	10-20	10-20	20-40

- Remise en suspension

Les dragues mécaniques génèrent beaucoup de remise en suspension au site de dragage ce qui augmente la turbidité de l'eau mais à l'inverse génèrent peu de remise en suspension au site de rejet. Pour les dragues hydrauliques l'effet est inversé soit très peu de remise en suspension au site de dragage et une forte remise en suspension au site de rejet à cause du fort pourcentage de liquide (50-80%).

- Disponibilité

Les dragues mécaniques sont relativement disponibles au Québec par opposition aux dragues hydrauliques qui sont peu disponibles étant tous situées à l'extérieur du Québec au moment de cette étude. Seule la drague Amphibex fonctionnant avec des pompes hydrauliques serait disponible pour ce type de dragage.

- Coûts du dragage

Les coûts de tout dragage se compose d'un coût de mobilisation et d'un coût de travail généralement exprimé en coût unitaire soit en dollars par mètre cubes (\$/m³) ou en coût horaire (\$/h). Le coût de mobilisation est le plus variable des deux coûts puisqu'il est fonction du lieu d'origine des équipements et de la possibilité de faire coïncider ce dragage avec d'autres contrats dans la même région. Des contrats de dragage d'entretien annuel sont généralement réalisés dans cette région au début du mois de juin ce qui permet de réduire de beaucoup les frais de mobilisation. Ces travaux sont toujours faits à l'aide de drague à benne preneuse avec transport par barge. Le dragage mécanique possède donc un avantage économique important pour le programme de dragage décennal du Havre de Berthier-sur-Mer

4.2 GESTION DES MATÉRIAUX DE DRAGAGE

Plusieurs modes de gestion des matériaux ont été analysés. Chacun de ces modes de gestion fait appel à des sites de dispositions dans des milieux très différents :

- Dépôt et valorisation en milieu terrestre;
- Dépôt en rive;
- Dépôt en eau libre.

Le dépôt en eau libre est retenu comme étant le mode de gestion le plus adéquat en termes techniques, environnementales et économiques. Le tableau 4.2 synthétise les caractéristiques des différentes alternatives de modes de gestion analysés. Toutes les alternatives sont basées sur la prémisse que le dragage est réalisé par une drague mécanique (à benne preneuse ou avec rétrocaveuse) telle que justifiée à la section précédente et que les matériaux sont ensuite transportés par barge vers le site de mise en dépôt ou de transbordement pour un transport terrestre.

Tableau 4.2 Caractéristiques des alternatives de gestion des matériaux dragués

Type de gestion	Dépôt en eau libre			Dépôt en rive	Dépôt en milieu terrestre		
	Ile Madame	Banc Brulé	Site Berthier-sur-Mer		Terrain Havre	Terrain municipalité	LET
Site déjà utilisé	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Distance (km)	3	15	1	2	1	5	25
Profondeur moyenne(m)	10-12	5-6	5-6	<1	Surface	Surface	Surface
Opération de transbordement	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Transport secondaire	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Contraintes environnementales	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Valorisation environnementale	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Cout mobilisation (\$)	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$	50 000 \$
Cout dragage (\$)¹	252 000 \$	252 000 \$	252 000 \$	252 000 \$	252 000 \$	252 000 \$	252 000 \$
Coût transport et disposition(\$)¹	216 000 \$	1 080 000 \$	72 000 \$	252 000 \$	192 000 \$	552 000 \$	2 250 000 \$
Cout total (\$)	518 000 \$	1 382 000 \$	374 000 \$	554 000 \$	494 000 \$	854 000 \$	2 552 000 \$

Les couts sont calculés comme suit:

Dragage (\$/m ³)	7.00 \$
Transport maritime (\$/m ³ -km)	2.00 \$
Transbordement (\$/m ³)	2.00 \$
Transport terrestre (\$/m ³ -km)	0.50 \$
Volume (m ³)	36000
Préparation pour site terrestre	30 000 \$

4.2.1 Dépôt et valorisation en milieu terrestre

Le dépôt et la valorisation des matériaux de dragage en milieu terrestre implique plusieurs opérations techniques telles que le transport jusqu'en rive, le transbordement dans des camions et leur transport jusqu'à un site temporaire ou final dépendant de l'utilisation finale des matériaux. Puisque le quai de Berthier-sur-Mer n'est plus accessible, les opérations de transbordement pourraient être réalisées après avoir aménagé un accès à une des deux descentes actuelle soit à l'intérieur du trou de Berthier ou près du quai actuel. Dans les deux cas un dragage supplémentaire serait nécessaire pour accéder à ce site. Sinon le transbordement devrait se faire à un quai accessible comme celui de Montmagny, de l'Île-aux-Grues ou de Saint-Jean (Île d'Orléans). Toutes ces options requièrent cependant des coûts supplémentaires ainsi que des contraintes environnementales et techniques spécifiques.

Une autre alternative serait d'enlever les sédiments par un dragage hydraulique et de pomper les matériaux directement dans un bassin de décantation situé à proximité. Mis à part les contraintes liées à ce type d'équipement de dragage (disponibilité, profondeur maximale atteignable en tout temps), le bassin de décantation devrait pouvoir recevoir un volume de l'ordre de 180,000 à 360,000 m³ soit une surface d'environ 90,000 à 180,000 m² pour un bassin de 2m de profondeur. Aucun terrain vacant de telles dimensions appartenant au Havre de Berthier-sur-Mer ou à la municipalité de Berthier-sur-Mer n'est disponible à proximité du site de dragage. L'aménagement de ce site nécessiterait des travaux importants de préparation, de mise en place de digues et d'étanchéisation.

L'utilisation de ces matériaux en milieu terrestre serait soumise à la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP (2001) ce qui implique que seuls les matériaux de qualité supérieure au critère B (voir tableau 3.4) peuvent être utilisés à des fins récréatives ou résidentielles alors que les matériaux de qualité moindre mais supérieures au critère C peuvent être utilisés uniquement sur des terrains à vocation commerciale, non situés dans un secteur résidentiel, et pour des terrains à usage industriel. Puisque les sédiments sont de qualité supérieure au critère B il n'y aurait aucune limitation pour leur utilisation comme matériaux de remblai. Cependant puisque les matériaux de dragage sont généralement caractérisés par de forte teneur en eau et très fluides, ils devraient soit faire l'objet d'une déshydratation préalable à un site temporaire ou d'une période de décantation et de séchage au site final. Dans ces deux cas une période pouvant aller de 6 à 12 mois serait nécessaire avant d'être travaillé avec la machinerie de manière adéquate. Actuellement ces matériaux ne représentent aucun intérêt pour le remplissage à cause des coûts supplémentaires nécessaires à leur utilisation.

L'utilisation des matériaux de dragage comme sol d'amendement agricole est aussi à exclure puisque les sédiments dragués sont très pauvres en matières organique et en éléments nutritifs et donc ne permettent pas la fertilisation de terres agricoles.

L'utilisation de ces matériaux comme matériaux structurants pour le compost nécessiterait des coûts d'environ \$35. /tonne et devrait au préalable être asséché puis transporté au site de l'usine (Daniel Bourque, Les Composts du Québec inc., communication personnelle). Cette alternative a donc été exclue.

L'utilisation des matériaux de dragage comme matériel de recouvrement dans un lieu d'enfouissement n'a pas été considérée puisqu'aucun site n'est disponible dans la MRC de Montmagny et que les sites situés dans les MRC avoisinantes (Bellechasse et L'Islet) n'acceptent plus de matières résiduelles ou autres matériaux venant de l'extérieur de leur territoire.

Enfin il faut souligner que la plupart des alternatives de gestion des matériaux en milieu terrestre requièrent le transport des matériaux par camion. Avec un volume estimé à 20,000m³ et une capacité par camion de 10m³ plus de 2,000 voyages seraient nécessaires pendant la période des travaux ce qui produirait de nombreux effets indésirables pour la population locale (bruits, poussières, circulation accrue).

Puisque les matériaux ne peuvent être valorisés en milieu terrestre, cette option n'est pas retenue.

4.2.2 Dépôt en rive

Le dépôt en rive est généralement utilisé aux fins suivantes :

- Protection de la côte contre l'érosion : essentiellement il s'agit de recharge des plages afin de pallier au déficit sédimentaire créée par l'érosion naturelle;
- Utilisation comme matériel de remblai ou de remplissage à l'arrière des murs de protection, de murs de quai ou autres structures côtières;
- Création ou restauration d'habitats littoraux.

Cependant aucune de ces alternatives n'est réalisable soit techniquement soit économiquement ou les deux. Les sections suivantes présentent les éléments justificatifs.

4.2.2.1 Protection de la côte

Les matériaux de dragage sont composés essentiellement de silt à 75% le reste (25%) étant composé à part égale de sable fin et d'argile. Par contre la zone côtière est composée principalement d'affleurements rocheux et de sable et gravier schisteux provenant de l'érosion des affleurements. Parce que rocheuse cette cote ne présente aucun problème d'érosion et donc elle ne nécessite aucun ajout de matériel. De plus la texture fine des matériaux de dragage ne permet pas son utilisation comme matériaux de protection ou même de remblai puisqu'ils seraient rapidement éroder par les courants générés par les vagues et la circulation générale.

4.2.2.2 Utilisation comme matériel de remblai ou de remplissage

Aucun projet d'agrandissement des structures portuaires ou de remblai dans la zone du HBSM ne nécessite l'utilisation des matériaux de remplissage.

4.2.2.3 *Création ou restauration d'habitats littoraux*

Aucun habitat littoral situé à proximité du Havre de Berthier-sur-Mer ne requiert une restauration actuellement. La création de nouveaux habitats serait ici incompatible avec la nature de la cote qui alterne entre des sections rocheuses et sablograveleuses très exposées et des sections boueuses abrités déjà colonisées par la végétation.

4.2.3 **Dépôt en eau libre**

Historiquement les sédiments dragués dans le Havre de Berthier-sur-Mer ont toujours été rejetés en eau libre parce que les teneurs en contaminants ne dépassaient pas les Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Centre Saint-Laurent et Ministère de l'Environnement du Québec 1992). Les derniers échantillons prélevés en 2009 montrent que la qualité des sédiments respecte encore les critères de Concentration d'effets occasionnels (CEO) et peuvent donc être rejetés en eau libre selon les derniers critères applicables (Environnement Canada et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2007).

Jusqu'au dernier dragage fait en 2006, le site de mise en dépôt des matériaux de dragage du Havre de Berthier-sur-Mer était celui de l'Île Madame (figure 4.7). Ce site était utilisé annuellement pour la disposition des matériaux de dragage de la Traverse du Nord par la Garde Côtière Canadienne. Cependant suite aux nombreuses études réalisées conjointement par le MPO et le MRNF et portant sur les impacts du dépôt de sédiments de dragage sur l'habitat de l'esturgeon noir et de l'esturgeon jaune dans l'estuaire du Saint-Laurent, ce site a été définitivement fermé en 2009. Les résultats de l'étude avaient démontré que l'esturgeon noir évite le site de dépôt de l'île Madame et le corridor d'entraînement des sédiments depuis la modification du substrat et la destruction des proies benthiques recherchées pour son alimentation.

Afin de pallier à la perte de ce site, deux autres sites potentiels ont été analysés pour le projet de dragage du Havre de Berthier-sur-Mer : le site du Banc Brulé situé à 15km du Havre et un nouveau site situé à moins de 1km du Havre dans des fonds de l'ordre de 5 à 6m de profondeurs (figure 4.7).

La comparaison de ces deux sites montre que les deux sites sont caractérisés par des profondeurs d'eau semblables et des vitesses de courant du même ordre de grandeur. Le site du Banc Brulé se trouve en eau saumâtre alors que celui de Berthier-sur-Mer est presque constamment en eau douce (voir section 3.2.5). Par contre la différence dans les distances les séparant du site de dragage est très importante puisqu'elle passe de moins d'un kilomètre à plus de 15km. Ce dernier paramètre exclue d'office le site du Banc Brulé puisqu'il augmente considérablement le coût de dragage en augmentant le coût de transport et la durée du dragage et qu'il augmente les impacts des travaux principalement le dérangement par le bruit, les risques de perte de matériel, la consommation de fuel et les émissions de gaz résultantes. Le site situé à proximité du Havre de Berthier-sur-Mer a donc été retenu comme site de mise en dépôt.

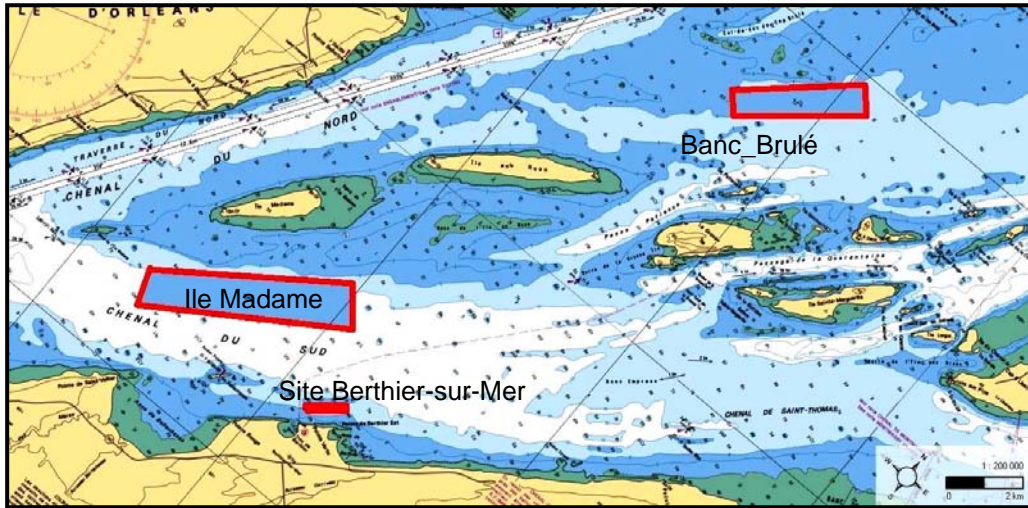


Figure 4-7 Sites de dépôt en eau libre.

4.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU PROJET

4.3.1 Surfaces et volumes de dragage

La figure 4.8 illustre les surfaces à draguer. Ces surfaces comprennent :

- Le chenal d'entrée du bassin qui totalise 6 000 m² soit 30 m de large par 200m de long. Le volume estimé à la cote de 3,5m selon les sondages bathymétriques de 2009 est 15 000 m³.
- Le bassin intérieur totalisant 10 000m² et un volume à la cote de 3,0m estimé en 2009 à 21 000m³.

Le dragage complet du havre selon la bathymétrie de 2009 exige l'excavation d'un volume total de 36 000m³.

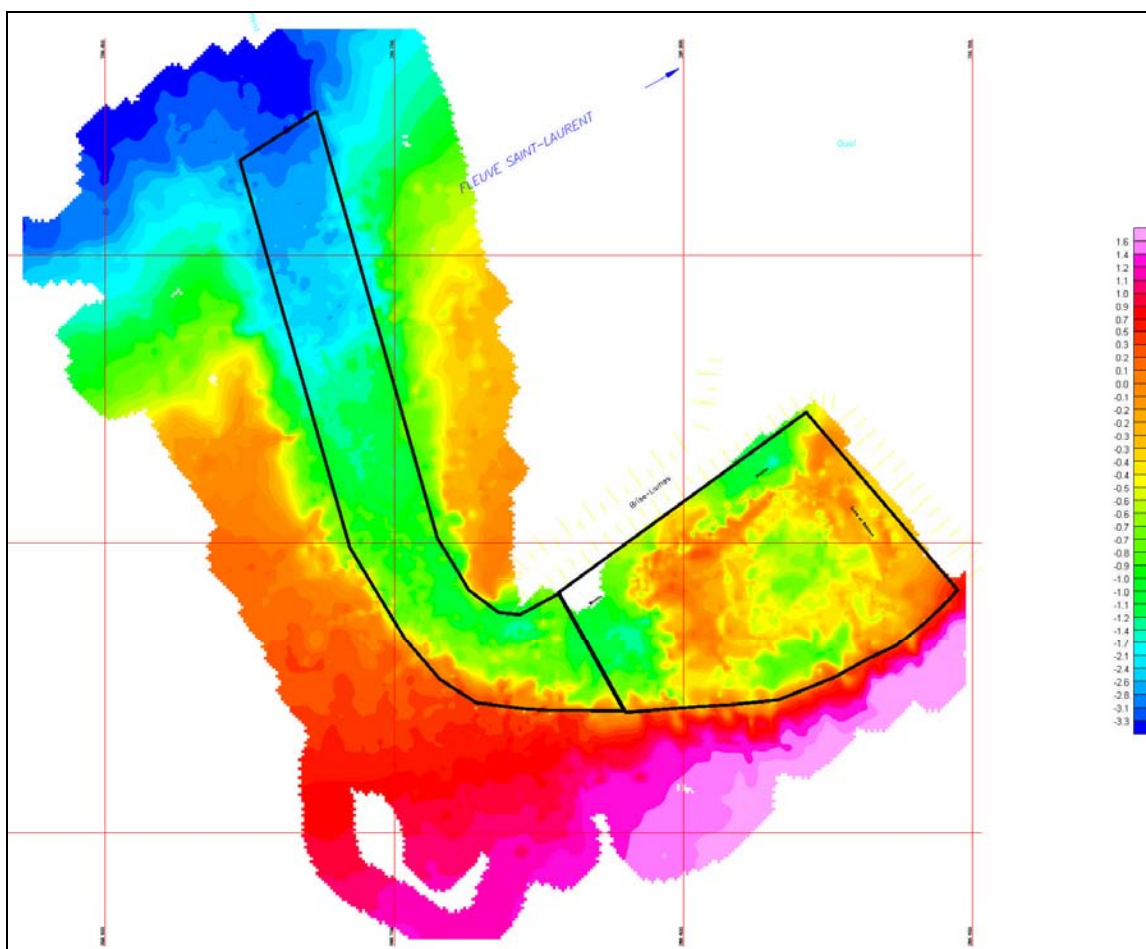


Figure 4.8 Surfaces de dragage

4.3.2 Technique et équipements de dragage et de transport

Le dragage sera fait de façon mécanique avec soit une benne preneuse soit une pelle rétrocaveuse monté sur un chaland. Le positionnement de l'excavation sera fait à l'aide d'un positionnement dynamique en temps réel permettant de contrôler la position en plan et la profondeur exacte de dragage.

Après leur extraction, les matériaux seront accumulés dans des barges de transport jusqu'à leur capacité maximale (variant de 75 à 125 m³) et transportés jusqu'au site de mise en dépôt. Dépendant de la capacité des barges de transport de 290 à 480 voyages seront nécessaires pour un dragage complet des deux zones.

4.3.3 Mise en dépôt

La zone de mise en dépôt est localisée sur la figure 4.9. Le centre de la zone est situé à 750m du bout du brise-lame et s'étire sur 400m parallèlement à la rive et sur 200m vers le large.

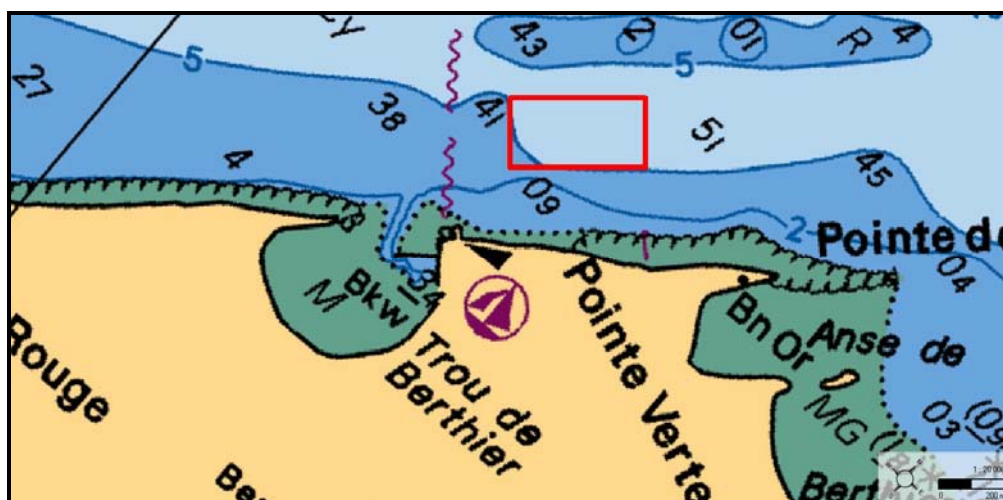


Figure 4-9 Localisation du site de mise en dépôt du Havre de Berthier-sur-Mer

4.3.4 Calendrier de réalisation

Les travaux seront généralement réalisés au début du mois de juin. Selon les résultats de relevés bathymétriques et de l'historique de dragage, le plan décennal de dragage comprendra au moins 3 dragages soit deux dragages complets du chenal et du bassin au début et à la fin du programme (an 1 et 10) et au moins un dragage d'entretien du chenal (an 4-6). Dépendant du taux d'accumulation, il est possible que deux dragages d'entretien du chenal soit nécessaire (an 3 ou 4 et an 6 ou 7).

La durée des travaux devraient être d'environ 8 à 12 jours pour le dragage du chenal et du bassin et d'environ 4 à 6 jours pour le chenal seulement. Cet estimé est basé sur un taux de production de l'ordre de 175m³/h avec une provision pour le temps d'attente pour bris et facteurs climatiques défavorables.

5 ANALYSE DES IMPACTS ET MESURES D'ATTÉNUATION

L'analyse des impacts consiste à identifier et évaluer les relations entre d'un côté les composantes du projet et de l'autre les différents éléments du milieu récepteur.

5.1 MÉTHODOLOGIE

En premier le projet a été subdivisé en ses principales composantes, puis celles-ci ont été mises en confrontation face aux différents éléments du milieu récepteur et a conduit à une grille d'interactions potentielles. Cette grille a servi ensuite à identifier les impacts prévisibles du projet. Une fois identifiés, les impacts potentiels ont été évalués et décrits au moyen de critères qualitatifs.

Lorsque nécessaires, des mesures d'atténuation, visant à minimiser les impacts négatifs ou à augmenter les impacts positifs ont ensuite été proposées. Les impacts persistants après l'application de ces mesures d'atténuation sont appelés des impacts résiduels. Le bilan environnemental global des impacts du projet a finalement été déterminé sur la base de ces impacts résiduels.

5.1.1 Composantes du projet représentant des sources d'impact

Les composantes du projet susceptibles de créer des impacts sur le milieu sont :

- L'opération de dragage comprenant l'extraction et le dépôt dans les barges de transport;
- Le transport du site de dragage au site de mise en dépôt;
- Le rejet en eau libre au site de mise en dépôt.

5.1.2 Éléments du milieu potentiellement affectés

Les principaux éléments du milieu potentiellement affectés par ce projet sont :

Milieu physique :

- Bathymétrie;
- Nature du fond;
- Hydrodynamique;
- Qualité de l'eau.

Milieu biologique :

- Végétation;
- Faune benthique;
- Faune ichthyenne;
- Faune avienne.

Milieu humain :

- Qualité de vie (bruit et paysage);
- Utilisation du site (commercial et de plaisance);
- Activité récréo-touristiques;
- Économie locale.

La grille des interrelations potentielles est présentée au tableau 5.1

Tableau 5.1 Grille d'interactions potentielles

Éléments du milieu	Composantes du projet		
	Dragage	Transport	Rejet
Milieu physique			
Bathymétrie (bassin et chenal)	X		
Bathymétrie (site de dépôt)			X
Nature du fond	X		X
Hydrodynamique	X		X
Qualité de l'eau	X	X	X
Milieu biologique			
Végétation	X		X
Faune benthique	X		X
Faune ichthyenne	X		X
Faune avienne	X		X
Milieu humain			
Qualité de vie	X	X	
Utilisation du site	X	X	
Activités récréo-touristiques	X	X	
Économie locale	X	X	

5.1.3 Évaluation des impacts

L'évaluation des impacts est basée sur les critères suivants :

- **Type :**
 - Positif (amélioration ou bonification);
 - Négatif (détérioration).
- **Importance** elle-même fonction de :
 - **Intensité :**
 - Faible (modification peu perceptible);
 - Moyenne (altération significative de certaines caractéristiques);
 - Forte (altération importante, destruction d'un ou de plusieurs éléments constituants).

- **Étendue :**
 - Ponctuelle (zone des travaux, perceptible par nombre restreint de personnes);
 - Locale (dépasse la zone des travaux et touche les zones adjacentes ou la communauté locale);
 - Régionale (dépasse largement la zone des travaux et les zones adjacentes et touche les communautés régionales).
- **Durée :**
 - Courte : durée des travaux et moins de 3 ans;
 - Moyenne : 3 à 10 ans;
 - Longue : >10ans.
- **Valorisation** (appréciation de l'élément portant sur l'unicité, la rareté ou sa valeur écologique, économique et sociale)
 - Forte;
 - Moyenne;
 - Faible.

L'importance absolue (sans valorisation) et relative (avec valorisation) de chaque impact a été cotée faible, moyen ou fort, selon les caractéristiques des effets appréhendés. La combinaison de ces quatre critères (intensité, étendue, durée et valorisation) permet de déterminer l'importance de l'impact. Ces quatre critères ont tous le même poids dans l'évaluation de l'importance relative de l'impact. On distingue trois classes d'importance relative de l'impact. Le Tableau 5.2 précise le cheminement d'évaluation de l'importance de l'impact.

Tableau 5.2 Matrice de détermination de l'importance de l'impact

Intensité	Étendue	Durée	Importance absolue	Importance relative selon la valorisation		
				Forte	Moyenne	Faible
Forte	Régionale	Longue Moyenne Courte	Forte Forte Moyenne	Forte Forte Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Locale	Longue Moyenne Courte	Forte Forte Moyenne	Forte Forte Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
Moyenne	Régionale	Longue Moyenne Courte	Forte Forte Moyenne	Forte Forte Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Locale	Longue Moyenne Courte	Forte Moyenne Moyenne	Forte Moyenne Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
Faible	Régionale	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
	Locale	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Faible Faible Faible	Faible Faible Faible	Faible Faible Faible	Faible Faible Faible

La valeur des éléments du milieu (tableau 5.3) varie de faible à forte et est jugée d'après le cadre environnemental dans lequel se situe le projet en prenant en compte les préoccupations du milieu. Ainsi, une valeur faible a été attribuée aux composantes physiques sauf la bathymétrie qui est ici la variable la plus valorisée puisqu'étant l'élément qu'on veut modifier par ce projet. Une valeur moyenne a été attribuée à la plupart des composantes biologiques sauf la faune ichthyenne et avienne. Enfin, les composantes du milieu humain ont été les plus valorisés. L'évaluation de la valeur de ces éléments est très spécifique à cette zone d'étude et pourrait différer dans un autre contexte.

Tableau 5.3 Valorisation des éléments du milieu

<i>Valeur</i>	<i>Éléments du milieu</i>
<i>Faible</i>	Nature du fond
	Hydrodynamique
	Qualité de l'eau
<i>Moyenne</i>	Végétation
	Faune benthique
	Qualité de vie
<i>Forte</i>	Faune avienne
	Faune ichthyenne
	Utilisation du site
	Activités récréo-touristiques
	Économie locale

5.2 ÉVALUATION DES IMPACTS

Le tableau 5.4 présente la synthèse de l'évaluation des impacts du programme décennal de dragage d'entretien du Havre de Berthier-sur-Mer. Il précise pour chacun des éléments du milieu l'intensité, l'étendue, la durée, la valorisation et l'importance de chacun des impacts. Les sections qui suivent décrivent ces impacts de façon détaillée.

Tableau 5.4 Synthèse de l'importance des impacts environnementaux du projet

Éléments du milieu	Type d'impact		Importance de l'impact	Valorisation	Impact
		Variables			
Milieu physique					
Bathymétrie (bassin et chenal)	Positif	Intensité Étendue Durée	Forte Ponctuelle Moyenne	Forte	Moyen
Bathymétrie (site de dépôt)	Négatif	Intensité Étendue Durée	Forte Ponctuelle Moyenne	Faible	Faible
Nature du fond	Négatif	Intensité Étendue Durée	Forte Ponctuelle Longue	Faible	Faible
Hydrodynamique	Négatif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Locale Longue	Faible	Faible
Qualité de l'eau	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Ponctuelle Courte	Faible	Faible
Milieu biologique					
Végétation	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Ponctuelle Courte	Moyenne	Faible
Faune benthique	Négatif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Ponctuelle Longue	Moyenne	Moyen
Faune ichthyenne	Négatif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Locale Courte	Forte	Moyen
Faune avienne	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Locale Courte	Forte	Faible
Milieu humain					
Qualité de vie	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Locale Courte	Faible	Faible
Utilisation du site	Positif	Intensité Étendue Durée	Moyen Régionale Longue	Forte	Fort
Activités récréo-touristiques	Positif	Intensité Étendue Durée	Moyen Régionale Longue	Forte	Fort
Économie locale	Positif	Intensité Étendue Durée	Forte Régionale Longue	Forte	Fort

5.2.1 Bathymétrie

Le dragage modifiera la bathymétrie du bassin et du chenal d'accès. Ces dragages permettront d'assurer en tout temps des conditions de navigation sécuritaires pour les navires de croisières et les plaisanciers. Ceci constitue un impact positif de forte intensité en raison de l'importance de l'accumulation actuellement observée dans certains secteurs du bassin et du chenal d'accès. L'étendue de la répercussion est considérée ponctuelle puisqu'elle ne concerne que les aires de dragage. Considérant la durée moyenne de la répercussion et la forte valorisation de cet élément, l'impact positif du projet sur la bathymétrie du bassin et du chenal d'accès est jugé moyen.

Au site de rejet, le dépôt des sédiments de dragage en modifiera aussi la bathymétrie. Une accumulation de sédiments est à prévoir compte tenu des faibles courants présents. Considérant l'intensité forte de la répercussion, son étendue ponctuelle, sa durée moyenne et sa faible valorisation, **l'impact négatif du projet sur la bathymétrie du site de rejet est jugé faible.**

5.2.2 Nature du fond

La mise en dépôt des matériaux de dragage au site de dépôt modifiera la nature des matériaux à cet endroit. Puisque les matériaux sont probablement du même type (silt et argile sableuse), l'intensité n'est jugée forte que parce la cohésion est probablement différente puisque remaniée.

Avec une étendue très locale, une durée longue et une faible valorisation de l'élément, **l'impact négatif sur la nature du fond est jugé faible.**

5.2.3 Hydrodynamique

Puisque la bathymétrie est modifiée, la circulation des courants risque d'être affectée. Au niveau du chenal d'entrée les courants sont peu importants et les travaux n'affectent qu'une infime partie de la section transversale. Il en va de même au site de mise en dépôt où le volume de matériaux ne limitera pas les échanges hydrauliques puisque le site est hydrauliquement à l'abri en aval d'une avancée topographique.

L'intensité de l'impact est donc jugée moyenne, L'étendue sera ponctuelle et la durée sera longue. Compte tenu de la faible valorisation de cet élément, **l'impact négatif est jugé faible.**

5.2.4 Qualité de l'eau

Les opérations de dragage, de transport et de mise en dépôt affectent la qualité de l'eau par la perte de sédiments dans la colonne d'eau. Le transport est la source la moins importante et est généralement négligeable lorsque la fermeture des trappes est complète. L'opération de dragage est considérée être l'activité la plus dommageable pour la qualité de l'eau

Lors des opérations de dragage la concentration de matière en suspension (MES) et la turbidité augmentent en raison de l'impact du godet sur le fond, des pertes entre les mâchoires du godet lors de la remontée et de la surverse à la sortie de l'eau et au dépôt dans la barge de transport.

Selon la littérature et les suivis réalisés au Québec, les pertes lors de ces opérations sont estimées entre 1 et 3% du volume dragué (Pelletier, 2003). La modélisation des opérations de dragage à Berthier-sur-Mer avec le modèle DREDGE qui fait partie du modèle ADDAMS (Automated Dredging and Disposal Alternatives Modeling System) d'analyses des alternatives de dragage et de disposition du U.S. Army Corps of Engineers a résulté en un taux estimé de MES produite de l'ordre de 0,5kg/seconde.

Les mesures effectuées lors de différents programmes de surveillance et de suivi environnemental depuis 2001 (Pelletier, 2003), portant sur des activités de dragage ont permis de démontrer que la limite du panache de turbidité se trouve généralement entre 100 et 1000 m de distance de la drague et que le panache varie en fonction :

- De l'importance des pertes;
- De la granulométrie et de la cohésion des sédiments;
- De la dynamique hydraulique au site.

Au site de mise en dépôt. Les travaux antérieurs de suivi environnemental de dragage mécanique (Pelletier, 2003) ont montré que la dispersion des sédiments prend la forme de nuages turbides qui se dissipent en s'éloignant du site de rejet. Ces nuages varient en dimension entre 50 à 500m selon leur axe le plus long et les concentrations dans ces nuages sont de 1 à 10 fois supérieures aux teneurs naturelles. Toutefois après s'être déplacé après quelques minutes, les concentrations reviennent rapidement aux concentrations naturelles.

Donc de façon générale l'impact des activités de dragage est d'intensité faible, d'étendue locale et de courte durée. **L'impact sur la qualité de l'eau est donc jugé faible** compte tenu en plus de sa faible valorisation.

5.2.5 Végétation

Les activités de dragage sont les plus susceptibles d'affecter la végétation puisqu'une partie du dragage du bassin est localisée à faible distance (100-300m) d'un marais à Scirpe. Cependant cet assemblage végétal peut aisément supporter une vaste gamme de concentrations de MES qui est caractéristique de l'estuaire du Saint-Laurent. Ainsi cet impact est de faible intensité, d'étendue ponctuelle et de courte durée. De faible valorisation la **végétation subira donc un faible impact négatif**.

5.2.6 Faune benthique

Le dragage aura un impact négatif sur la faune benthique susceptible d'être présente sur les aires de dragage du bassin et du chenal d'accès et au site de rejet. Toutefois l'impact dans l'aire de dragage sera peu important compte tenu que ces fonds sont constamment remis en suspension par les déplacements des bateaux et l'agitation générée par leurs hélices.

Au site de mise en dépôt la faune benthique présente sera détruite ce qui représente une dégradation qui représentera une superficie de l'ordre de 20 à 40m² par déchargement de barge. En supposant au moins deux épaisseurs de dépôts on estime que la faune benthique présente sur une surface de 4,000 à 5,000m² sera fortement affectée par ces activités.

Les sédiments qui seront dispersés sont aussi susceptibles d'avoir un impact sur les peuplements benthiques situés à proximité du site de dépôt en raison des concentrations accrues de MES dans la colonne d'eau.

L'évaluation de l'impact sur la faune benthique est donc jugée d'intensité moyenne à cause de la faible concentration d'organismes dans le chenal et le bassin. L'étendue est ponctuelle et de longue durée. La valorisation de cet élément est moyenne. **Cet impact négatif sur la faune benthique est donc jugé d'importance moyenne.**

5.2.7 Faune ichthyenne

Le dragage et le rejet des sédiments auront un impact négatif sur la faune ichthyenne principalement à cause de l'augmentation de la turbidité et de la concentration en MES. Toutefois, la période de réalisation des travaux (juin) permet d'éviter les périodes critiques pour les poissons et reste conforme aux périodes autorisées par le passé pour la réalisation de travaux de dragage.

D'autre part, les espèces présentes dans ce secteur sont déjà habituées à des conditions très variables de concentrations en MES particulièrement dans les zones riveraines et peu profondes fortement affectées par l'agitation par les vagues. Or, les espèces qui sont régulièrement exposées à des variations naturelles des concentrations en MES résisteraient beaucoup plus facilement à la turbidité générée par les travaux de dragage (Environnement Canada, 1994). Les processus naturels entraînent des hausses de turbidité et de MES importantes, équivalentes à celles observées lors de travaux de dragage. Les tempêtes, les crues et les grandes marées sont autant de phénomènes naturels qui entraînent des hausses de turbidité importantes, et ce sur de vastes étendues et parfois durant de longues périodes.

De plus, il a été démontré que des concentrations en MES résultant de travaux divers de l'ordre de 500 mg/L et même 1 000 mg/L à 500 m de la zone des travaux peuvent être considérées comme sécuritaires pour les poissons, d'autant plus que ceux-ci peuvent éviter les secteurs affectés de par leur mobilité (Environnement Canada, 1994).

Les mortalités observées en cas de concentrations élevées de sédiments en suspension sont habituellement liées plus à un manque d'oxygène (Appleby et Scarrat, 1989 dans Environnement Canada, 1994). Les teneurs en oxygène dissous diminuent généralement lorsque les sédiments ont une forte teneur en matière organique, ce qui n'est pas le cas dans le secteur du Havre de Berthier-sur-Mer. De plus la majorité des poissons tendent à éviter les zones touchées par des opérations de dragage (Environnement Canada, 1994). Ainsi, considérant l'intensité moyenne de la perturbation, son étendue locale et sa courte durée, **l'impact des travaux sur la faune ichthyenne est jugé faible malgré sa forte valorisation.**

5.2.8 Faune avienne

Au cours des activités de dragage et de transport des sédiments vers le site de rejet en eaux libres, les oiseaux marins (rassemblements ou colonies) peuvent être dérangés par les déplacements des navires ou des barges, ainsi que par le bruit généré par les moteurs. Cependant, les oiseaux paraissent s'habituer rapidement à la présence et au fonctionnement des équipements nécessaires au dragage et au transport des sédiments (Environnement Canada, 1994).

De nombreuses études réalisées ont démontré que des oiseaux aquatiques continuent de couvrir à 50 mètres d'une drague en opération (Campbell, 1988) et que des activités de dragage intenses d'en moyenne 85 000 m³ par jour n'ont eu que des effets mineurs sur le comportement et la distribution des populations d'oiseaux dans la Baie McKinley (Ward, 1981). De plus, les oiseaux sont des animaux mobiles capables d'éviter temporairement les zones de perturbation. Les oiseaux se déplacent dès que des éléments perturbent leur habitat et reviennent ensuite rapidement après la fin de la perturbation sans subir d'effet.

En conséquence bien que le trou de Berthier soit un habitat pour la faune avienne, **l'impact du dragage sur la faune avienne est de faible intensité, d'étendue ponctuelle et de courte durée ce qui résulte en un impact jugé faible** même si cet élément biologique est fortement valorisé.

5.2.9 Qualité de vie

Les résidences les plus rapprochées du bassin intérieur sont à 200m des travaux prévus. Cependant la plupart des résidences se situent à plus de 300m des travaux. Le principal irritant est le bruit généré par les opérations qui se dérouleront 24 heures par jour. La perturbation sera effective durant toute la durée des travaux puisque le transport des sédiments est effectué simultanément aux opérations de dragage. La durée de l'impact est jugée courte.

Les émissions sonores des bateaux se limiteront à leur environnement proche. L'étendue de la perturbation est donc locale. Cet impact est jugé d'intensité faible compte tenu de la distance entre les résidences et l'activité de dragage qui réduira l'intensité de cet impact. Compte tenu de la valorisation moyenne de cet élément, **l'impact négatif sur la qualité de vie est jugé de faible importance.**

5.2.10 Utilisation du site

Comme spécifié dans la description du milieu, le site de dragage est utilisé essentiellement pour la navigation par les navires de croisières et par les embarcations de plaisance. Bien que les travaux de dragage constitue une entrave à la navigation lors de la période des travaux l'impact global sur la navigation est positif et de longue durée. Son intensité est jugée moyenne et son étendue régionale puisque ce programme permettra une utilisation permanente des infrastructures du Havre et ce pour tous les plaisanciers ou autres petits navires naviguant entre les marinas de Saint-Michel et de Montmagny. **Puisque la valorisation de cet élément est forte, l'impact positif sur l'utilisation du site est jugé fort.**

5.2.11 Activités récréo-touristiques

L'impact du dragage sur les activités récréo-touristiques via une utilisation accrue et permanente du site sera positive puisque ces activités seront maintenues et même possiblement augmentées. Cet impact positif en phase d'exploitation surpasse de beaucoup l'impact négatif presque négligeable de la baisse d'attrait du site lors des travaux. L'impact positif du dragage sur les activités récréo-touristiques est jugé d'intensité moyenne, d'étendue régionale et de longue durée. Puisque cet élément est fortement valorisé par la population locale, **l'impact positif sur les activités récréo-touristiques est jugé fort.**

5.2.12 Économie locale

L'impact du programme décennal de dragage sur l'économie régionale est positif car le dragage constitue un élément essentiel du projet de parc fluvial de Berthier-sur-Mer incluant les services conséquents, afin d'améliorer l'accueil des visiteurs qui se rendent à Grosse-Île, l'accessibilité vers Grosse-Île et la promotion de Grosse-Île.

L'intensité de l'impact du dragage est donc forte, de portée régionale et de longue durée. Cet élément est fortement valorisé par la population de sorte que **l'impact positif sur l'économie locale est jugé fort.**

5.3 MESURES D'ATTÉNUATION ET IMPACTS RÉSIDUELS

Les principales mesures d'atténuation s'appliquant au programme de dragage sont :

- Réduction et optimisation des opérations de dragage par la détermination optimale des surfaces et volumes de dragage. Cette optimisation a déjà été initiée en partie et continuera tout au long du programme par un suivi bathymétrique régulier;
- Réduction des pertes lors de l'opération de dragage par un contrôle de la vitesse de descente et de remontée de la benne, par l'utilisation d'une benne étanche et par la réduction des surverses lors du remplissage des barges de transport;
- Utilisation de barges de transport étanches afin de diminuer les pertes lors du transport vers le site de mise en dépôt;
- Contrôle précis des opérations de dragage par un positionnement précis au moyen d'un système de localisation automatisée;
- Réduction des surfaces affectées par la mise en dépôt par un contrôle strict de la position et par un patron de mise en dépôt permettant un étalement uniforme des matériaux dragués et ainsi éliminer la présence de monticules susceptibles d'être érodés.

Les impacts négatifs résiduels seront donc :

Sur le milieu physique :

- une faible diminution de la qualité de l'eau;
- une faible modification de la bathymétrie, de la nature du fond et de l'hydrodynamique au site de dépôt.

Sur le milieu biologique :

- Un faible impact sur la végétation et la faune avienne;
- Un impact moyen sur la faune benthique et ichthyenne.

Sur le milieu humain :

- Un faible impact sur la qualité de vie.

Les impacts positifs sont un impact moyen sur la bathymétrie et un fort impact sur l'utilisation du site, les activités récréo-touristiques et l'économie locale.

5.4 IMPACTS CUMULATIFS

Les diverses activités de dragage dans l'estuaire du Saint-Laurent peuvent interagir entre elles de façon concomitante ainsi qu'avec d'autres activités, telles que notamment la navigation, la pêche ou même le rejet d'eaux usées municipales. Les effets biophysiques et socio-économiques alors générés doivent être appréhendés de façon multiplicative. C'est ce que l'on appelle les effets cumulatifs.

Dans la zone d'étude les seules autres activités liés au dragage étaient la mise en dépôt des matériaux de dragage de la Traverse- Nord au site de l'Île Madame maintenant fermée. Ce site est situé à environ 2 km au nord du Havre et de l'autre côté du Chenal du Sud. La distance qui sépare ces deux sites de dépôt et surtout le fait que les volumes en cause au Havre de Berthier-sur-Mer soit relativement modestes par rapport aux dépôts annuels et historiques de l'Île Madame font en sorte que les effets de ces deux projets ne sont pas synergiques et ne créeront pas d'effets amplificateurs entre eux.

Les autres sources d'effets sur la qualité de l'eau tels que rejets d'eaux usées ou travaux maritimes ne représentent aucun effet additif avec ce projet puisque les rares rejets sont déjà traités avant d'être introduits au fleuve et que les travaux maritimes sont absents dans cette zone.

6 PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI

6.1 RELEVÉS PRÉLIMINAIRES AUX TRAVAUX

Pour chacune des campagnes de dragage qui sera effectuée dans le cadre du programme décennal de dragage, une demande d'autorisation sera déposée auprès du ministère de l'Environnement en vertu de l'article 22 de la Loi sur la Qualité de l'Environnement (L.R.Q. Chap. Q-2). Cette demande sera accompagnée d'une carte bathymétrique indiquant la zone à draguer et une brève description des travaux à effectuer indiquant les volumes à draguer, la période de réalisation prévue ainsi que la personne responsable d'assurer la surveillance des travaux de dragage. De plus, pour chaque dragage, des avis de début et de fin des travaux seront donnés au ministère de l'Environnement et à la Garde côtière canadienne.

6.2 SURVEILLANCE DES TRAVAUX

Chacun des dragages devra faire l'objet d'une surveillance qui visera essentiellement à s'assurer que les surfaces et volumes dragués correspondent à ceux prévus, que les matériaux soient déposés au site de rejet et que les mesures d'atténuation sont appliquées.

Une personne désignée par le promoteur supervisera l'ensemble des travaux et aura la responsabilité d'enregistrer les travaux et de vérifier que :

- seules les surfaces déterminées sont draguées;
- tous les équipements et les systèmes de localisation soient en bon état et que leur entretien ne se fasse pas sur les sites des travaux et de rejet;
- l'approvisionnement des équipements en carburant se fasse à un endroit sécuritaire et déterminé à l'avance;
- le système de fermeture de la benne et des barges utilisées est en bonne état de marche;
- les barges ne soient pas surchargées et ne présente pas de problèmes de surverse;
- les opérations ne causent qu'une entrave minimale à la navigation;
- les travaux soient interrompus lorsque les conditions météorologiques se détériorent;
- les sédiments soient déversés selon le plan de mise en dépôt.

6.3 SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Un suivi des profondeurs d'eau au site de dragage et au site de mise en dépôt sera réalisé par des relevés bathymétriques avant et après chaque dragage. Des points de contrôles périodiques seront suivis annuellement au printemps à l'ouverture des opérations de la marina et à la fermeture à l'automne et serviront de déclencheur pour la détermination des relevés détaillées.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAPE, 1992. PROGRAMME DÉCENNAL DE DRAGAGE MIL DAVIE LAUZON. RAPPORT D'ENQUÊTE ET D'AUDIENCE PUBLIQUE, CHAPITRE 4, 77 PP.
- BARBEAU, C., SÉRODES, J. B. ET CÔTÉ, J. E., 1993. WATER AT THE OUTLET OF THE ST. LAWRENCE RIVER PART II – SUSPENDED MATTER AND SOLID LOADINGS FROM 1989 TO 19991. WATER POLL. RES. J. CANADA, VOL. 28, No. 2, 433 – 450 P.
- BERNATCHEZ, L. ET AL, 1995. CONSÉQUENCES DE LA STRUCTURE GÉNÉTIQUE DE L'ÉPERLAN-ARC-EN-CIEL (*OSMERUS MORDAX*) POUR LA RÉHABILITATION DE L'ESPÈCE DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT. DOCUMENT RÉALISÉ PAR L'INRS-EAU ET LE MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE AVEC L'AIDE DU MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DANS LE CADRE DU PROGRAMME SAINT-LAURENT VISION 2000. 46 P.
- BERNATCHEZ, L. ET M. GIROUX, 2000. LES POISSONS D'EAU DOUCE DU QUÉBEC ET LEUR RÉPARTITION DANS L'EST DU CANADA. ÉDITION BROQUET INC. BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC. 350 P.
- BOUCHARD, A. ET J. MORIN., (2000). RECONSTITUTION DES DÉBITS DU FLEUVE SAINT-LAURENT ENTRE 1932 ET 1998. ENVIRONNEMENT CANADA, SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DU CANADA, MONITORING ET TECHNOLOGIES, SECTION HYDROLOGIE, RAPPORT TECHNIQUE RT-101, 71 PAGES.
- BUSQUE, D., 2004. IDENTIFICATION DES SITES D'ENSEMENCEMENT POTENTIELS POUR LES FRETINS DE BAR RAYÉ DANS LE SAINT-LAURENT EN FONCTION DES PARAMÈTRES PHYSIQUES DE L'HABITAT. PROJET DE RÉINTRODUCTION DU BAR RAYÉ DANS LE SAINT-LAURENT - « OPÉRATION RENAISSANCE ». FÉDÉRATION QUÉBÉCOISE DE LA FAUNE. 40 P. + ANNEXES.
- CARON, F. ET AL, 2001. BIODIVERSITÉ ICTHYOLOGIQUE À LA RENCONTRE DE L'ESTUAIRE FLUVIAL ET MOYEN DU SAINT-LAURENT EN 2000. SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, DIRECTION DE LA RECHERCHE SUR LA FAUNE ET DIRECTION RÉGIONALE DE CHAUDIÈRE-APPALACHES, MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS CANADA, DIRECTION RÉGIONALE DES OCÉANS ET DE L'ENVIRONNEMENT. 61 P.
- CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC CDPNQ (2009) DONNÉES SUR LES ESPÈCES MENACÉES EN LIGNE. [HTTP://WWW.CDPNQ.GOUV.QC.CA/PRODUITS.HTM#](http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/produits.htm#)
- COMITÉ DE CONCERTATION SUIVI DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT. 2008. PORTRAIT GLOBAL DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT 2008. PLAN SAINT-LAURENT.
- CORPORATION POUR LA RESTAURATION DE LA PÊCHE À L'ÎLE D'ORLÉANS (CRPIO). DONNÉES DE 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 CITÉ DANS SNC-LAVALIN , 2006
- COSEPAC. 2006. ÉVALUATION ET RAPPORT DE SITUATION DU COSEPAC SUR L'ANGUILLE D'AMÉRIQUE (*ANGUILLA ROSTRATA*) AU CANADA. COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA. OTTAWA. X + 80 P.
- [HTTP://DSP-PSD.PWGSC.GC.CA/COLLECTION/CW69-14-458-2006F.PDF](http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/CW69-14-458-2006F.pdf)

- CSL (CENTRE SAINT-LAURENT), 1996A. RAPPORT-SYNTHESE SUR L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT. VOLUME I : L'ÉCOSYSTÈME DU SAINT-LAURENT. ENVIRONNEMENT CANADA – RÉGION DU QUÉBEC, CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT ET ÉDITIONS MULTIMONDES, MONTRÉAL. COLL. « BILAN SAINT-LAURENT ».
- CSL (CENTRE SAINT-LAURENT), 1996B. RAPPORT-SYNTHESE SUR L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT. VOLUME II : L'ÉCOSYSTÈME DU SAINT-LAURENT. ENVIRONNEMENT CANADA – RÉGION DU QUÉBEC, CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT ET ÉDITIONS MULTIMONDES, MONTRÉAL. COLL. « BILAN SAINT-LAURENT ».
- CSL (CENTRE SAINT-LAURENT), 1997. LE SAINT-LAURENT : DYNAMIQUE ET CONTAMINATION DES SÉDIMENTS. BILAN SAINT-LAURENT, RAPPORT THÉMATIQUE SUR L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT, PUBLIÉ PAR LE CENTRE SAINT-LAURENT, ENVIRONNEMENT CANADA, CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT, RÉGION DU QUÉBEC, 127 P.
- CYBERPRESSE, 2009 : INTERNET : [HTTP://WWW.CYBERPRESSE.CA/LE-SOLEIL/VIVRE-ICI/OISEAUX-ET-CIE/200910/02/01-907940-UNE-STERNE-COMME-EMBLEME-AVIAIRE.PHP](http://www.cyberpresse.ca/le-soleil/vivre-ici/oiseaux-et-cie/200910/02/01-907940-une-sterne-comme-embleme-aviaire.php)
- D'AMOURS, J., S. THIBODEAU ET R. FORTIN, 2001. COMPARISON OF LAKE STURGEON (ACIPENSER FULVESCENS), STIZOSTEDION SPP., CATOSTOMUS SPP, MOXOSTOMA SPP., QUILLBACK (CARPIODES CYPRINUS), AND MOONEYE (HIODON TERGISUS) LARVAL DRIFT IN DES PRAIRIES RIVER, QUEBEC. CAN. J. ZOO. 79: 1472-1489.
- D'ANGLEJAN, B., 1990. RECENT SEDIMENTS AND SEDIMENT TRANSPORT PROCESSES IN : THE ST. LAWRENCE ESTUARY. COASTAL AND ESTUARINE STUDIES, OCEANOGRAPHY OF A LARGE-SCALE ESTUARINE SYSTEM, THE ST. LAWRENCE. SPRINGER VERLAG, EL-SABH ET SIVERBERG (EDS.), VOL 39, 434 PP.
- DIONNE, J. C., 1970. ASPECTS MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUES DU GLACIEL, EN PARTICULIER DES CÔTES DU SAINT-LAURENT : UNIV. PARIS, THÈSE DOCT. 412 P.
- DIONNE, J. C., 1970. PLOUGHING BOULDERS ALONG SHORELINES WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE ST. LAWRENCE ESTUARY : GEOMORPHOLOGY, 1 (4), PP. 297-308
- DRAPEAU, G., 1990. NEARSHORE SEDIMENT DYNAMICS IN THE ST. LAWRENCE ESTUARY. IN : THE ST. LAWRENCE ESTUARY. COASTAL AND ESTUARINE STUDIES, OCEANOGRAPHY OF A LARGE-SCALE ESTUARINE SYSTEM, THE ST. LAWRENCE. SPRINGER VERLAG, EL-SABH ET SIVERBERG (EDS.), 130-154 PP
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2009.:
[HTTP://WWW.EC.GC.CA/DEFAULT.ASP?LANG=FR&N=EEB1B2FF-1](http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=fr&n=EEB1B2FF-1)
- ENVIRONNEMENT CANADA, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC, 2007, CRITÈRES POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS AU QUÉBEC ET CADRES D'APPLICATION : PRÉVENTION, DRAGAGE ET RESTAURATION. 39 PAGES.
- ENVIRONNEMENT CANADA ,2002. GUIDE D'ÉCHANTILLONNAGE DES SÉDIMENTS DU SAINT-LAURENT POUR LES PROJETS DE DRAGAGE ET DE GÉNIE MARITIME. VOLUMES 1 ET 2 DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT. RÉGION DU QUÉBEC.

- ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, 1992. CRITÈRES INTÉRIMAIRES POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS DU SAINT-LAURENT. CENTRE SAINT-LAURENT ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 28 PAGES.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 1994. RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES DU DRAGAGE ET DE LA MISE EN DÉPÔT DES SÉDIMENTS. SECTION DU DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE. DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, RÉGIONS DU QUÉBEC ET DE L'ONTARIO. ENVIRONNEMENT CANADA.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL, 2003. PLAN D'ACTION POUR LE RÉTABLISSEMENT DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL (OSMERUS MORDAX), POPULATION DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT. SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, DIRECTION DU DÉVELOPPEMENT DE LA FAUNE. 35 P.
- FAPAQ. 2003. ATLAS DES HABITATS CRITIQUES CONNUS OU D'INTÉRÊT PARTICULIER POUR LES POISSONS DU FLEUVE SAINT-LAURENT ENTRE LE PORT DE MONTRÉAL ET L'ÎLE-AUX-COUDRES. (EN VUE DE L'APPLICATION DES CRITÈRES FAUNIQUE POUR LE CHOIX D'UN SITE DE DÉPÔT EN EAU LIBRE POUR LES SÉDIMENTS DRAGUÉS)
- FORTEIN, G. ET PELLETIER, M., 1995. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES ASPECTS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS DU SECTEUR D'ÉTUDE QUÉBEC-LÉVIS. ENVIRONNEMENT CANADA, CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT, CENTRE SAINT-LAURENT. RAPPORT TECHNIQUE. ZONE D'INTERVENTION PRIORITAIRE 14, 206 P.
- FOURNIER, D ET D. DESCHAPMS, 1997. PÊCHES EXPÉRIMENTALES DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT PRÈS DE QUÉBEC : CAMPAGNES D'ÉCHANTILLONNAGE 1972-1975 ET 1991-1992. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, DIRECTION DE LA FAUNE ET DES HABITATS. SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE, QUÉBEC. 58 P.
- FOURNIER, D., 2002. RECUEIL DE DONNÉES : CAMPAGNE DE CHALUTAGE À LA RENCONTRE DE L'ESTUAIRE FLUVIAL ET MOYEN DU SAINT-LAURENT EN 2001. SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, DIRECTION DE LA RECHERCHE SUR LA FAUNE, MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS CANADA, DIRECTION DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT. 61 P.
- FRENETTE, M., BARBEAU, C. ET VERRETTE, J. L., 1989. ASPECTS QUANTITATIFS, DYNAMIQUES ET QUALITATIFS DES SÉDIMENTS DU SAINT-LAURENT. HYDROTECH INC., POUR ENVIRONNEMENT CANADA ET LE GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 185 P. + ANNEXES.
- GAGNON, M., P. BERGERON, J. LEBLANC ET R. SIRON ,1998. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES ASPECTS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS DE L'ESTUAIRE MOYEN DU SAINT-LAURENT. PÊCHES ET OCÉANS CANADA – RÉGION LAURENTIENNE, DIVISION DE LA GESTION DE L'HABITAT ET DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT, INSTITUT-MAURICE-LAMONTAGNE ET ENVIRONNEMENT CANADA – RÉGION DU QUÉBEC, CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT, CENTRE SAINT-LAURENT. RAPPORT TECHNIQUE. ZONES D'INTERVENTION PRIORITAIRE 15, 16 ET 17, 132 PP.

- GAGNON, M., 1995. BILAN RÉGIONAL QUÉBEC-LÉVIS. ZONES D'INTERVENTION PRIORITAIRE. SAINT-LAURENT VISION 2000. ENVIRONNEMENT CANADA – RÉGION DU QUÉBEC, CENTRE SAINT-LAURENT. RAPPORT TECHNIQUE. ZONES D'INTERVENTION PRIORITAIRE 14, 65 PP.
- GARCEAU, S. ET P. BILODEAU, 2003. LA DÉRIVE LARVAIRE DE L'ESTURGEON JAUNE (*ACIPENSER FULVESCENS*) À LA RIVIÈRE DES PRAIRIES, AU PRINTEMPS 2001. SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT DE LA FAUNE DE MONTRÉAL, DE LAVAL ET DE LA MONTÉRÉGIE, LONGUEUIL, RAPPORT TECHNIQUE 16-09, X + 27 PAGES + ANNEXES.
- GIROUX, M., 1997. RAPPORT SUR LA SITUATION DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL (*OSMERUS MORDAX*) ANADROME DU SUD DE L'ESTUAIRE DU FLEUVE SAINT-LAURENT AU QUÉBEC. SINFIBEC POUR LE MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, DIRECTION RÉGIONALE CHAUDIÈRE-APPALACHES, DIRECTION RÉGIONALE DU BAS-SAINT-LAURENT ET DIRECTION DE LA FAUNE ET DES HABITATS. VII + 52 P.
- HAROLD SOHIER & ASSOCIÉS, 1988A. PORT DE REFUGE ET DE PLAISANCE BERTHIER-SUR-MER. ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT. PAGINATION MULTIPLE
- HAROLD SOHIER & ASSOCIÉS, 1988B. PORT DE REFUGE ET DE PLAISANCE BERTHIER-SUR-MER. ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT. ADDENDA 10 P. +ANNEXES
- HARVEY, B. P. ET S. BÉLANGER, 1996. SECTEUR VILLE-GUAY (LÉVIS). CARACTÉRISATION BIOPHYSIQUE ET CADRE GÉOGRAPHIQUE DE CONSERVATION ET DE MISE EN VALEUR. RAPPORT PRÉSENTÉ AU GROUPE D'INITIATIVES ET DE RECHERCHES APPLIQUÉES AU MILIEU (GIRAM) PAR LES CONSULTANTS EN ENVIRONNEMENT ARGUS INC. SAINTE-FOY, 38 PP + CARTES.
- HATIN, D. ET F. CARON, 2002. DÉPLACEMENTS ET CARACTÉRISTIQUES DES ESTURGEONS NOIRS (*ACIPENSER OXYRINCHUS*) ADULTES DANS L'ESTUAIRE DU FLEUVE SAINT-LAURENT EN 1998 ET 1999. SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, DIRECTION DE LA RECHERCHE SUR LA FAUNE. 151 P.
- HATIN, D., R. FORTIN ET F. CARON, 2002. MOVEMENTS AND AGGREGATION AREAS OF ADULT ATLANTIC STURGEON (*ACIPENSER OXYRINCHUS*) IN THE ST LAWRENCE RIVER ESTUARY, QUÉBEC, CANADA. *J. APPL. ICHTHYOL.* 18 (2002) : 586-594.
- HATIN, D., S. LACHANCE, AND D. FOURNIER. 2007A. EFFECT OF DREDGED SEDIMENT DEPOSITION ON USE BY ATLANTIC STURGEON AND LAKE STURGEON AT AN OPEN-WATER DISPOSAL SITE IN THE ST. LAWRENCE ESTUARINE TRANSITION ZONE. PAGES 235–255 IN J. MUNRO, D. HATIN, J. HIGHTOWER, K. MC-KOWN, K. J. SULAK, A. W. KAHNLE, AND F. CARON, EDITORS. ANADROMOUS STURGEONS: HABITATS, THREATS, AND MANAGEMENT. AMERICAN FISHERTRACKINGIES SOCIETY, SYMPOSIUM 56, BETHESDA, MARYLAND.
- HATIN, D., J. MUNRO, F. CARON, AND R. D. SIMONS. 2007B. MOVEMENTS, HOME RANGE SIZE, AND HABITAT USE AND SELECTION OF EARLY JUVENILE ATLANTIC STURGEON IN THE ST. LAWRENCE ESTUARINE TRANSITION ZONE. PAGES 129–155 IN J. MUNRO, D. HATIN, J. HIGHTOWER, K. MCKOWN, K. J. SULAK, A. W. KAHNLE, AND F. CARON, EDITORS. ANADROMOUS STURGEONS: HABITATS, THREATS, AND MANAGEMENT. AMERICAN FISHERIES SOCIETY, SYMPOSIUM 56, BETHESDA, MARYLAND.

HELPMAN, G.S., D.E. FACEY, L.S. HALES, JR., ET E.L. BOZEMAN, JR. 1987. REPRODUCTIVE ECOLOGY OF THE AMERICAN EEL, P. 42-56, IN M.J. DADSWELL, R.L. KLAUDA, C.M. MOFFITT, R.L. SAUNDERS, R.A. RULIFSON ET J.E. COOPER (ÉD.), COMMON STRATEGIES OF ANADROMOUS AND CATADROMOUS FISHES, AMERICAN FISHERIES SOCIETY SYMPOSIUM 1(MARYLAND).

HOROWITZ, A.J., 1991. A PRIMER ON SEDIMENT-TRACE ELEMENT CHEMISTRY. LEWIS PUBLISHERS, 136 P.

LA HAYE, M. ET AL, 2003. LOCALISATION DES FRAYÈRES D'ESTURGEON JAUNE (*ACIPENSER FULVESCENS*) DANS LA PARTIE AMONT DES RAPIDES DE LACHINE, FLEUVE SAINT-LAURENT. ÉTUDE RÉALISÉE POUR LE COMPTE DE LA SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT DE LA FAUNE DE MONTRÉAL, DE LAVAL ET DE LA MONTÉRÉGIE, LONGUEUIL, RAPPORT TECHNIQUE 16-15F, IX + 43 P.

LONGUÉPÉE H. ET COUSINEAU, P. A., 2001. NEW DEPOSITIONAL ENVIRONMENT FOR THE ÎLE D'ORLÉANS GROUP, QUEBEC APPALACHIANS, GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA, CURRENT RESEARCH, 2001-D14, 11 P.

LEBEL, D. ET C. HUBERT, 1995. GÉOLOGIE DE LA RÉGION DE SAINT-RAPHAEL (CHAUDIÈRES-APPALACHES; MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES DU QUÉBEC, ET 93-02, 81 P.

MENV, 2004. DIRECTIVE POUR LE PROJET RABASKA - IMPLANTATION D'UN TERMINAL MÉTHANIER DES INFRASTRUCTURES CONNEXES 3211-04-39, DIRECTION DES ÉVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES.

MER, MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, 1992. CARTE DE DÉPÔTS DE SURFACE, DOCUMENT DE TRAVAIL. DIRECTION GÉNÉRALE DES FORÊTS, DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT DE LA FORÊT, SERVICE DE L'INVENTAIRE FORESTIER.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS, DIRECTION DU SUIVI DE L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT, 2009. ANALYSE DES VENTS À MONTMAGNY 1976-2009.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, 2004. DIRECTIVE POUR LE PROJET RABASKA - IMPLANTATION D'UN TERMINAL MÉTHANIER DES INFRASTRUCTURES CONNEXES. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, DIRECTION DES ÉVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES, 3211-4-39, 39 PAGES.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, DE LA FAUNE ET DES PARCS, DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT DE LA FAUNE DE CHAUDIÈRE-APPALACHES, 2007. *DONNÉES FAUNIQVES*

NELLIS, P., J. MUNRO, D. HATIN, G. DESROSIERS, R. D. SIMONS, AND F. GUILBARD. 2007. MACROBENTHOS ASSEMBLAGES IN THE ST. LAWRENCE ESTUARINE TRANSITION ZONE AND THEIR POTENTIAL AS FOOD FOR ATLANTIC STURGEON AND LAKE STURGEON. PAGES 105–128 IN J. MUNRO, D. HATIN, J. HIGHTOWER, K. MCKOWN, K. J. SULAK, A. W. KAHNLE, AND F. CARON, EDITORS. ANADROMOUS STURGEONS: HABITATS, THREATS, AND MANAGEMENT. AMERICAN FISHERIE SOCIETY, SYMPOSIUM 56, BETHESDA, MARYLAND.

- MASSICOTTE, B., G. VERREULT ET L. DÉSILETS, 1990. STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS ICHTYENNES INTERTIDALES DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT ET POSSIBILITÉ D'UTILISATION POUR UN SUIVI ENVIRONNEMENTAL. RAPP. TECH. CAN. SCI. HALIEUT. AQUAT. 1752: VII + 27 P.
- MONGEAU, F. ET B. JACQUAZ, 1991. ABONDANCE ET DISTRIBUTION DES MOULES ZÉBRÉES (DREISSENA PLOYMORPHA) DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT. LABORATOIRE SAB POUR ENVIRONNEMENT CANADA, CONSERVATION ET PROTECTION, RÉGION DU QUÉBEC, CENTRE SAINT-LAURENT
- MOUSSEAU, P. ET A. ARMELLIN, 1995. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES COMMUNAUTÉS BIOLOGIQUES DU SECTEUR D'ÉTUDE QUÉBEC-LÉVIS. ENVIRONNEMENT CANADA - RÉGION DU QUÉBEC. CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT, CENTRE SAINT-LAURENT. RAPPORT TECHNIQUE. ZONE D'INTERVENTION PRIORITAIRE 14. 220 P.
- OUELLET, Y. ET TRUMP, D., 1979. CIRCULATION HYDRODYNAMIQUE DANS LA ZONE DE MÉLANGE ESTUARIEENNE DU SAINT-LAURENT. NAT. CAN. (QUE.) 106, 13-26 PP.
- PCAI (PAUL CROTEAU ET ASSOCIÉS INC.), 2003. STUDY OF ICE CONDITIONS AT SELECTED SITES ON THE ST.LAWRENCE RIVER FOR THE LOCATION OF A LNG MARINE TERMINAL. RAPPORT FINAL PRÉSENTÉ À GAZ MÉTROPOLITAIN, PROJET 0117, 56 PP. + ANNEXES.
- PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 1997. ATLAS DES COURANTS DE MARÉE – ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT, DU CAP DE BON-DÉSIR À TROIS-RIVIÈRES. MINISTÈRE DES PÊCHES ET OCÉANS, 108 PP.
- PELLETIER M. 2003, "THE IMPACT OF DREDGING ON WATER QUALITY: MYTHS AND REALITY". 2E SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES SÉDIMENTS CONTAMINÉS. QUÉBEC, CANADA. 24-26 MAI, 2003
- PROCÉAN, 1992. ANNEXE AU PLAN D'URGENCE MARITIME, TOME 2, ATLAS CARTOGRAPHIQUE. INSTITUT CANADIEN DES PRODUITS PÉTROLIERS.
- PROCÉAN, 1990. CARACTÉRISATION DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS DU PORT DE QUÉBEC. RAPPORT FINAL. PRÉPARÉ POUR ENVIRONNEMENT CANADA, CONSERVATION ET PROTECTION, RÉGION DU QUÉBEC, DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, MONTRÉAL.
- PROVENCHER, M, 1977. ÉTUDE DU PHYTOPLANCTON DU FLEUVE SAINT-LAURENT ET DE SES TRIBUTAIRES. MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES. COMITÉ D'ÉTUDE SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT. RAPPORT TECHNIQUE NO 9.
- PROVOST, J., L. VERRET ET P. DUMONT, 1984. L'ALOSE SAVOUREUSE AU QUÉBEC : SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES BIOLOGIQUES ET PERSPECTIVES D'AMÉNAGEMENT D'HABITATS. RAPP. MANUS. CAN. SCI. HALIEUT. AQUAT. N° 1793: XI + 114 P.
- RIEUSSEC, ERWAN, 2008. ANALYSE COMPARATIVE DES DIFFÉRENTS MODES DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE EN MILIEU TERRESTRE ET MARIN. ESSAI EFFECTUÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE MAÎTRE EN ENVIRONNEMENT (M.ENV.) UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE. 95 PAGES + ANNEXES

- ROBITAILLE, J.A. ET Y. VIGNEAULT, 1990. L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL (*OSMERUS MORDAX*) ANADROME DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT : SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET PROBLÉMATIQUE DE LA RESTAURATION DES HABITATS DE FRAIE DANS LA RIVIÈRE BOYER. RAPP. MANUS. CAN. SCI. HALIEUT. AQUAT. N° 2057: VI + 56 P.
- ROBITAILLE, J.A., 1997. RAPPORT SUR LA SITUATION DE L'ALOSE SAVOUREUSE (*ALOSA SAPIDISSIMA* WILSON) AU QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, DIRECTION DE LA FAUNE ET DES HABITATS. 93 P.
- ROBITAILLE, J.A., 2001. BIOLOGIE ET EXPLOITATION DE LA POPULATION DISPARUE DE BAR RAYÉ (*MORONE SAXATILIS*) DU SAINT-LAURENT. RAPPORT DU BUREAU D'ÉCOLOGIE APPLIQUÉE À LA FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC ET À LA SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC. 71 P.
- ROBITAILLE, J.A., 2004. SUR LE CHEMIN DU RETOUR: LE BAR RAYÉ DU SAINT-LAURENT. *LE NATURALISTE CANADIEN*. 128 (2) : 46-50.
- ROCHE, 2004. CONSTRUCTION OF A LNG TERMINAL ON THE SAINT-LAURENT PRE-FEASIBILITY OF THE JETTY COMPONENT OF THE PROJECT. RAPPORT PRÉSENTÉ À GAZ METRO, 126 PP. + ANNEXES.
- ROCHE, 2007. DRAGAGE D'ENTRETIEN DE LA HALTE NAUTIQUE DE SAINT-MICHEL-DE-BELLECHASSE. ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT. 101PP + ANNEXES.
- RONDEAU, BERNARD, DANIEL COSSA , PIERRE GAGNON, 2000. BUDGET AND SOURCES OF SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORTED IN THE ST. LAWRENCE RIVER, CANADA, IN: HYDROLOGICAL PROCESSES, VOL. 14 (2000), PP. 21-36
- SCOTT, W.B., ET E.J. CROSSMAN. 1973. FRESHWATER FISHES OF CANADA, BULLETIN FISHERIES RESEARCH BOARD OF CANADA 184:966 P.
- SENNEVILLE, S., F. J. SAUCIER, AND J. MUNRO. 2001. ÉTUDE DES EFFETS CUMULATIFS DU TRANSPORT DES SÉDIMENTS PRÈS DU SITE DE DÉPÔT DE DRAGAGE DE L'ÎLE MADAME DANS L'ESTUAIRE DU SAINT- LAURENT. PAGES 549–563 IN B. LONG, EDITOR. COMPTES RENDUS DE LA CONFÉRENCE CANADIENNE SUR LE LITTORAL 2001. STUDY OF THE CUMULATIVE EFFECTS OF SEDIMENT TRANSPORT NEAR THE ÎLE MADAME DREDGED SEDIMENT DISPOSAL SITE IN THE ST. LAWRENCE ESTUARY. ASSOCIATION CANADIENNE POUR LA SCIENCE ET LE GÉNIE DU LITTORAL, OTTAWA

- SÉRODES, J. B. ET J. P. TROUDE, 1984. SEDIMENTATION CYCLE OF FRESHWATER TIDAL FLAT IN THE ST. LAWRENCE ESTUARY. ESTUARIES, 7, 119-124 PP.
- SNC-LAVALIN, 2006 ÉTUDE D'IMPACT DU PROJET RABASKA - IMPLANTATION D'UN TERMINAL MÉTHANIER ET DES INFRASTRUCTURES CONNEXES À LÉVIS
- ST-JULIEN, P., 1995 . GÉOLOGIE DE LA RÉGION DE QUÉBEC, MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DU QUÉBEC. MB 94-04, 62P.
- TESCH, F.W. 1977. THE EEL: BIOLOGY AND MANAGEMENT OF ANGUILLIDS EELS, CHAPMAN AND HALL, LONDON, 437 P.
- THERRIEN, J. ET AL, 1991. CARACTÉRISATION DES HABITATS RECHERCHÉS POUR LA FRAIE DES PRINCIPALES ESPÈCES DE POISSON DU FLEUVE SAINT-LAURENT (CORNWALL À MONTMAGNY). ÉTUDE RÉALISÉE PAR LE GROUPE ENVIRONNEMENT SHOONER INC. POUR LE COMPTE DES MINISTÈRES DES PÊCHES ET DES OCÉANS ET DE L'ENVIRONNEMENT DU CANADA. 16 P. + 1 ATLAS CARTOGRAPHIQUE.
- TROUDE, J. P. AND SERODES, J. B., 1985. RÉGIME MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUE D'UN ESTRAN À FORTEE SÉDIMENTATION DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT : PROC. CANADIAN COASTAL CONF. '85, NRC, P. 105-119.
- TROUDE, J. P. ET SERODES, J. B., 1988. LE RÔLE DES GLACES DANS LE RÉGIME MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUE D'UN ESTRAN DE L'ESTUAIRE DU SIAINT-LAURENT. CAN. J. CIV. ENG. 15, 348-354.
- VERREAULT, G. ET J. LAGANIÈRE, 2004. SUIVI DES JUVÉNILES D'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL (OSMERUS MORDAX) ANADROME DU SUD DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT. SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT DE LA FAUNE DE LA RÉGION DU BAS-SAINTE-LAURENT. 34 P.
- VINCENT, B., 1979. ÉTUDE DU BENTHOS D'EAU DOUCE DANS LE HAUT-ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT (QUÉBEC) CAN. J. ZOO. 57 : 2171-2182.