



Société de
développement
de l'Anse Saint-
Michel inc.

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DÉPOSÉE AU MINISTRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS

Programme décennal de dragage d'entretien de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse

Résumé

N/Réf : 47063-100





Société de
développement de
l'Anse Saint-Michel
inc.

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DÉPOSÉE AU MINISTRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS

Programme décennal de dragage d'entretien de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse

Résumé

N/Réf : 47063-100



Table des matières

Liste des tableaux	iii
Liste des photos	iii
Liste des cartes	iii
Chapitre 1 – Contexte et objectifs du projet	1
Chapitre 2 – Variantes de réalisation	7
2.1 Équipements de dragage disponibles	7
2.2 Gestion des matériaux de dragage	8
2.2.1 Valorisation en milieu terrestre	8
2.2.2 Dépôt en rive	9
2.2.3 Rejet en eau libre	10
2.3 Envergure des travaux de dragage	10
2.3.1 Dragage d'entretien ponctuel complet	11
2.3.2 Dragage d'entretien annuel partiel	11
Chapitre 3 – Caractéristiques du projet	13
3.1 Volumes et superficies dragués	13
3.2 Équipement de dragage	13
3.3 Calendrier des travaux	13
3.4 Site de rejet en eau libre	13
3.5 Activités en milieu aquatique, riverain et terrestre	14
Chapitre 4 – Milieu récepteur	19
4.1 Milieu physique	19
4.1.1 Courantométrie	19
4.1.2 Bathymétrie	19
4.1.3 Qualité de l'eau	19
4.1.4 Dynamique sédimentaire	20
4.1.5 Nature et qualité physico-chimique des sédiments	22
4.1.5.1 Nature des sédiments	22
4.1.5.2 Qualité des sédiments	22
4.2 Milieu biologique	23
4.2.1 Végétation	23
4.2.2 Faune	29
4.2.2.1 Faune benthique	29

4.2.2.2	Faune ichthyenne	29
4.2.2.3	Herpétofaune	29
4.2.2.4	Faune avienne	29
4.2.2.5	Mammifères semi-aquatiques et terrestres	30
4.3	Espèces à statut particulier	30
4.3.1	Flore	30
4.3.2	Faune ichthyenne	33
4.3.3	Faune avienne	33
4.4	Milieu humain	33
4.4.1	Localisation et démographie	33
4.4.2	Aménagement et utilisation du territoire	33
4.4.3	Plaisanciers	34
4.4.4	Activités de pêche	35
4.4.4.1	Pêche commerciale	35
4.4.4.2	Pêche sportive	35
Chapitre 5	- Impacts sur l'environnement	39
5.1	Qualité de l'eau	39
5.2	Bathymétrie (bassin et chenal d'accès)	45
5.3	Bathymétrie (site de rejet)	45
5.4	Faune benthique	45
5.5	Faune ichthyenne	46
5.6	Faune avienne	49
5.7	Qualité de vie (bruit)	49
5.8	Utilisation du site (incluant navigation de plaisance)	49
5.9	Économie locale	50
Chapitre 6	- Mesures d'atténuation, impacts résiduels et cumulatifs	51
6.1	Mesures d'atténuation et impacts résiduels	51
6.2	Impacts cumulatifs	51
Chapitre 7	- Surveillance et suivi environnemental	53
7.1	Rapports de surveillance et de suivi	53
7.2	Surveillance des conditions de turbidité et des concentrations de MES	53
Références	55

Liste des tableaux

Tableau 4.1	Qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent (près de la pointe ouest de l'Île d'Orléans) et de la rivière Boyer entre mai 2004 et octobre 2006.....	21
Tableau 4.2	Solides en suspension à l'entrée du chenal des Grands Voiliers (fleuve Saint-Laurent) entre 2004 et 2006	22
Tableau 4.3	Résultats analytiques des échantillons de sédiments prélevés en 2007 dans le bassin et le chenal d'accès de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse ...	25
Tableau 5.1	Distance parcourue par les sédiments (transport de fond) déposés au site de rejet et concentrations additionnelles de MES (mg/l)	43

Liste des photos

Photo 1.1	Vue aérienne de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse	3
Photo 1.2	Vue du bassin de la halte nautique à partir du chenal d'accès.....	3
Photo 3.1	Drague mécanique à benne preneuse développée par la S.D.A.S.M.I.....	15

Liste des cartes

Carte 1.1	Localisation du projet	5
Carte 3.1	Corridor de transport de la drague lors des opérations	17
Carte 4.1	Localisation des stations d'échantillonnage des sédiments	27
Carte 4.2	Sites biologiques d'intérêt	31
Carte 4.3	Vue aérienne de la municipalité de Saint-Michel-de-Bellechasse	37
Carte 5.1	Modélisation du transport de fond des sédiments	41

Chapitre 1 – Contexte et objectifs du projet

La halte nautique est située au cœur de la municipalité de Saint-Michel-de-Bellechasse (Photo 1.1 et 1.2). Elle compte 75 places à quai (dont 10 pour visiteurs) et la saison active débute à la mi-mai et se termine à la mi-octobre de chaque année. La carte 1.1 indique la localisation de la halte nautique, du secteur d'intervention du projet et de la zone d'étude retenue.

Depuis l'agrandissement de la halte nautique en 1991, quatre opérations de dragage y ont été effectuées. La première fut réalisée en 1997, à l'aide d'une drague mécanique à benne preneuse standard. En 2004 et en 2006, des dragages supplémentaires furent réalisés mais contrairement au dragage de 1997, ceux-ci visaient à tester un nouvel équipement de dragage mis au point par certains usagers de la halte nautique. L'importance des coûts déployés lors du dragage de 1997 avait amené la S.D.A.S.M.I. à chercher une solution financièrement accessible afin de pouvoir être en mesure d'entretenir à long terme le site.

Les opérations de 2004 et de 2006 ont donc permis de tester l'adéquation d'un nouvel équipement de dragage mécanique et d'optimiser l'opération de celui-ci. Les sédiments dragués ont été rejetés en eau libre, à quelques kilomètres de la halte nautique, et quelques mois à peine ont suffi pour disperser complètement les matériaux rejetés. Enfin, un dragage ponctuel fut réalisé au cours de l'été 2007 afin de dégager certains secteurs ayant entraîné trois incidents d'accrochage d'hélices de bateaux dans des chaînes enfouies dans les sédiments. La problématique de sédimentation est d'ailleurs présente à plusieurs endroits du bassin et du chenal d'accès sans compter que certains secteurs n'ont pas fait l'objet de dragage depuis l'agrandissement de la halte nautique en 1991. La halte nautique constitue également le seul port de refuge entre les marinas de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans et de Berthier-sur-mer, d'où l'importance d'y maintenir un accès sécuritaire pour les plaisanciers en difficulté.

La Société de développement de l'Anse Saint-Michel inc. (S.D.A.S.M.I.) souhaite donc effectuer des travaux récurrents de dragage dans le bassin et le chenal d'entrée de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse. L'objectif visé est de retrouver des profondeurs permettant de garantir des conditions de navigation sécuritaires. Les volumes excavés annuellement seront de l'ordre de 3 000 à 5 000 m³ sur une superficie totale de 17 410 m².

La présente étude d'impact sur l'environnement a été réalisée en vue d'obtenir les autorisations et permis environnementaux requis en vertu des lois provinciales et fédérales pour la réalisation du programme décennal de dragage d'entretien de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse.



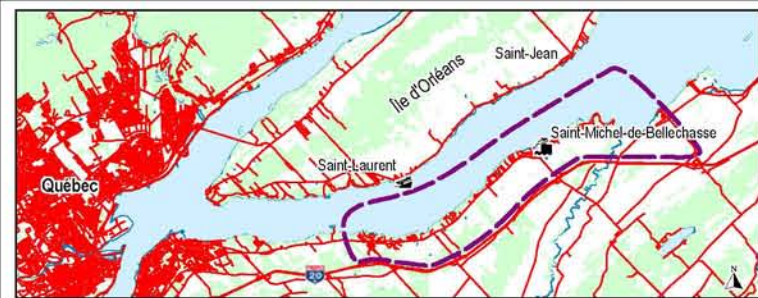
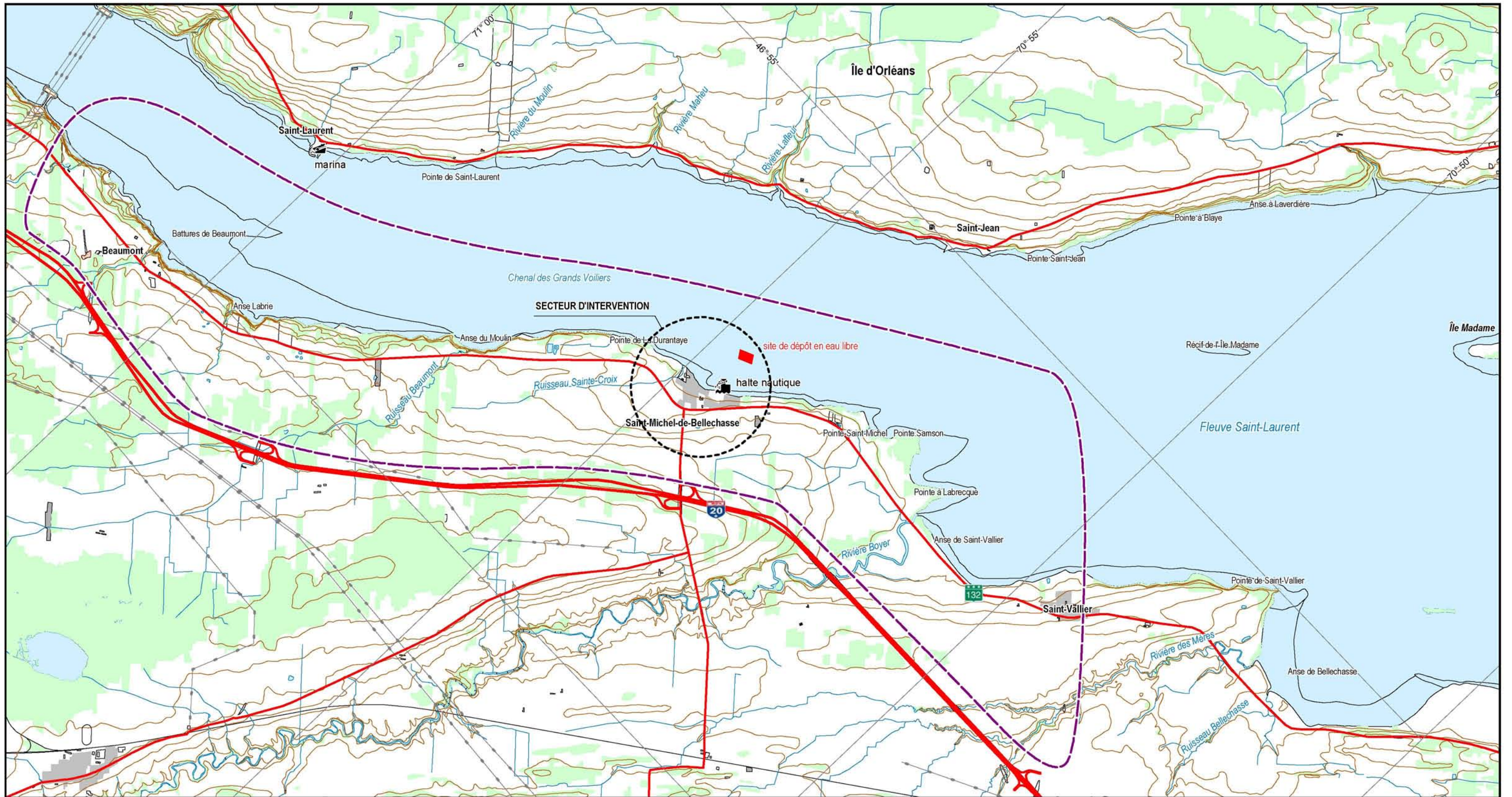
Image modifiée, Denis Guay

Photo 1.1 Vue aérienne de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse



Image modifiée, Paul St-Arnaud, © Le Québec en images, CCDMD

Photo 1.2 Vue du bassin de la halte nautique à partir du chenal d'accès



0 1,0 2,0 km
 Échelle : 60 000
 UTM, fuseau 19 (NAD83)
 Base carto. : RNF, 21L14 / 21L15, 1:50 000, 24 mai 2007.
 Fichier : 47063_R-C1-1_localisation_081105.WOR

LÉGENDE

— limite de la zone d'étude

Société de développement de l'Anse Saint-Michel Inc.
**Projet de dragage d'entretien du bassin et du chenal d'accès
 de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse**

ÉTUDE D'IMPACT

LOCALISATION DU PROJET



Novembre 2008

Carte 1.1

Chapitre 2 – Variantes de réalisation

Plusieurs variantes ont été examinées dans le cadre de ce projet. Le choix de la variante finale reposait toutefois sur la satisfaction d'un nombre de critères spécifiques, soit :

- maintenir la halte nautique opérationnelle durant la durée des opérations de dragage;
- minimiser les coûts des travaux;
- être favorable à la protection de l'environnement.

Les sections suivantes présentent les variantes étudiées dans le cadre de ce projet. Ces variantes concernent les équipements de dragage disponibles, la gestion des matériaux de dragage et l'envergure des travaux de dragage à effectuer.

2.1 Équipements de dragage disponibles

En matière d'équipement de dragage, les principales dragues utilisées sur le Saint-Laurent ont été examinées et comparées à l'équipement développé par la S.D.A.S.M.I.

Bien que les dragues mécaniques à benne preneuse soient les plus couramment utilisées, les coûts d'utilisation, de mobilisation et de démobilisation sont élevés, sans compter que leur opération nécessite des ouvriers spécialisés. Quant aux dragues hydrauliques, leur utilisation est généralement avantageuse lorsque des volumes importants doivent être dragués compte tenu du taux de productivité élevé. Le taux de remise en suspension des sédiments est aussi moins élevé au site de dragage. Toutefois, le rejet en eau libre des sédiments dragués par voie hydraulique entraîne notamment une forte turbidité et le bruit généré peut être assez important.

L'équipement de dragage mis au point par la S.D.A.S.M.I. semble donc être le mieux adapté aux besoins des gestionnaires de la halte nautique puisqu'il permet d'excaver les sédiments et de les transporter (benne hissée à fleur d'eau) vers un site de rejet en eau libre sans avoir à les transférer sur une barge. Les dimensions restreintes de cet équipement et sa grande manœuvrabilité permettent aussi d'effectuer les travaux de dragage sans nuire aux activités nautiques de la marina. Enfin, son opération ne requiert pas les services d'un ouvrier spécialisé, ce qui réduit de façon importante le coût des travaux.

Le fait d'extraire de petites quantités de sédiments à la fois permet aussi de minimiser les perturbations du milieu. D'autre part, l'opération de cette drague par le personnel même de la S.D.A.S.M.I. permet de s'adapter plus facilement aux conditions atmosphériques défavorables (arrêt des travaux) que si le dragage était confié à un entrepreneur contraint par un échéancier serré. Cet équipement a également fait l'objet d'essais lors de dragages en 2004 et 2006 et les tests ont confirmé l'efficacité et l'adéquation de cet équipement pour les travaux de dragage d'entretien du site. Cette drague a donc été favorisée par rapport aux autres équipements examinés.

2.2 Gestion des matériaux de dragage

Diverses variantes s'offrent pour la gestion des matériaux de dragage : la valorisation en milieu terrestre, le dépôt en rive et le rejet en eau libre.

2.2.1 Valorisation en milieu terrestre

Étant donné que les sédiments de dragage seront inférieurs au critère A de la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés » (Ministère de l'Environnement du Québec, 1999), ils pourraient être valorisés en milieu terrestre (ex. : domaine de la construction, travaux de stabilisation de berge, remblayage, matériel de recouvrement pour les sites d'enfouissement, etc.) Cette variante s'insère toutefois difficilement dans le contexte du projet, d'où la raison pour laquelle tant d'efforts ont été déployés par la S.D.A.S.M.I. pour développer un équipement de dragage spécifique à la marina.

La façon qui apparaît la plus appropriée pour valoriser en milieu terrestre les sédiments de dragage serait de les utiliser au site d'enfouissement technique (LET) de la MRC de Bellechasse, situé à environ 35 km de Saint-Michel-de-Bellechasse, dans la municipalité d'Armagh. Les sédiments de la marina pourraient y être utilisés comme matériaux de recouvrement journalier. Cependant, cette variante présente de nombreuses contraintes techniques, économiques, environnementales et sociales.

D'un point de vue technique et économique, la valorisation des sédiments de dragage en milieu terrestre demanderait d'investir dans l'aménagement d'un bassin d'assèchement, la location d'une drague et le salaire d'un opérateur spécialisé. À cela s'ajoutent les coûts liés au transport des matériaux asséchés vers le(s) site(s) d'enfouissement(s) technique(s) et les coûts de prise en charge des sédiments par le(s) LET sans compter que la marina devrait être fermée durant les opérations de dragage compte tenu de l'envergure des équipements requis. Non seulement la marina devrait investir des sommes importantes pour réaliser ces opérations mais les revenus tirés de l'utilisation du site par les plaisanciers seraient perdus durant une partie de la saison de navigation (fermeture temporaire durant les travaux) et ce, durant plusieurs années.

D'un point de vue environnemental, si l'on considère qu'un camion 10 roues peut contenir environ 8 m³ de matériaux, environ 6 250 voyages seraient requis pour transporter 50 000 m³ de sédiments entre le bassin de sédimentation et la municipalité d'Armagh au cours des dix années prévues dans le cadre du programme décennal de dragage. L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada (2007) évalue la consommation moyenne d'un véhicule lourd à environ 35 L de diesel par 100 km. Étant donné qu'un voyage aller-retour entre Saint-Michel-de-Bellechasse et Armagh représente environ 70 km, chaque voyage de transport par camion consommerait environ 25 L de diesel. Ceci correspond à 15 625 L de diesel pour 6 250 voyages aller-retour et une production de gaz à effet de serre de 436 tonnes équivalentes de CO₂.

D'un point de vue social, la construction d'un bassin d'assèchement et le passage de nombreux camions en plein cœur de la municipalité, de même que la fermeture temporaire de la marina durant une partie de la saison de navigation durant plusieurs années, entraîneraient de nombreuses protestations de la part des citoyens de la région. Il est fort probable qu'un projet de dragage impliquant une telle variante de réalisation soit tout simplement refusé par la population ainsi que par la municipalité de Saint-Michel-de-Bellechasse. Les résidents installés le long du parcours entre Saint-Michel-de-Bellechasse et le LET seraient également fortement incommodés par ce projet et probablement en défaveur de celui-ci.

Mentionnons d'autre part qu'un site terrestre appartenant à la municipalité de Saint-Michel-de-Bellechasse a aussi été considéré pour recevoir les sédiments dragués et/ou pour y installer un bassin de sédimentation. Situé à environ 1,11 km de la halte nautique, du côté sud de la Route 132, ce site a une superficie de seulement 440 m² et n'a donc pas la capacité requise pour recevoir les sédiments secs correspondant à une seule année de dragage ($\pm 5\,000\text{ m}^3$), ni la capacité requise pour y installer un bassin de sédimentation ($\pm 10\,000\text{ m}^3$).

Toutes ces contraintes font en sorte que la valorisation des sédiments en milieu terrestre a été écartée comme option possible.

2.2.2 Dépôt en rive

Le dépôt en rive à des fins d'aménagement faunique est parfois considéré pour valoriser des matériaux de dragage. Toutefois, il n'y a aucun site suffisamment grand et où il serait bénéfique pour la faune de créer un tel aménagement à proximité de la halte nautique. Un mur de soutènement est implanté sur toute la longueur de la rive faisant face à la zone urbanisée de la municipalité. Le substrat adjacent à ces murs est essentiellement composé d'affleurement rocheux, au travers desquels on retrouve quelques marais à scirpe aux endroits où une mince couche de sédiments meubles a pu se former. Le substrat en place est peu propice à l'établissement naturel de la végétation et il faudrait donc prévoir ensemercer l'éventuel aménagement riverain ou y planter certaines espèces, ce qui pourrait être difficile à réaliser avec succès compte tenu de l'ampleur des marées et des courants importants qu'on y retrouve. De plus, la proximité des habitations ainsi que la vocation récréative des rives constituent des usages qui pourraient entrer en conflit avec un tel aménagement.

D'autre part, les vitesses de courant élevées et l'effet abrasif des vagues et des glaces peuvent nuire à la stabilité d'un aménagement en rive. L'aménagement devrait être protégé des forts courants, avoir une très faible pente et être stabilisé afin d'éviter que les sédiments ne soient arrachés et/ou remis en suspension. Les vitesses de courant peuvent être assez importantes dans le secteur situé en dehors de l'aire protégée par les brise-lames. Les vitesses, au plus fort des marées montantes et descendantes, peuvent atteindre 0,5 m/s, ce qui est trop élevé pour permettre à des particules de silt

ou d'argile de demeurer en place. La sédimentation des particules s'effectue généralement lorsque les vitesses sont inférieures à 0,10 m/s (Frenettes et al., 1989, dans Centre Saint-Laurent, 1996).

Par ailleurs, l'estran naturel est composé d'un substrat rocheux, résultant de l'action abrasive des vagues et des glaces. À moins d'une protection efficace pour les stabiliser et les maintenir en place, les matériaux de dragage déposés en rive seraient arrachés et dispersés. De plus, les dragages annuels envisagés où seul un faible volume de sédiments serait dragué annuellement rend difficile la création d'un aménagement en rive. Enfin, l'utilisation des sédiments dragués à des fins de gestion et d'aménagement de la halte nautique ne peut non plus être considérée. Tout le matériel excavé lors de la construction de la halte nautique a déjà été utilisé dans la création d'un terre-plein qui répond amplement aux besoins de la S.D.A.S.M.I. Le dépôt en rive a donc été écarté comme variante de réalisation.

2.2.3 Rejet en eau libre

Le rejet en eau libre est la seule solution envisageable dans le cadre de ce projet et c'est d'ailleurs pour cette raison que des bénévoles de la marina ont mis au point une technologie réfléchie en totale symbiose avec les réalités environnementales et économiques du site. Cette technologie vise aussi à minimiser les impacts environnementaux du projet en retirant un volume minimal de sédiments (60 à 75 m³ par jour) sur une période prolongée (4 mois). De plus, en répartissant les travaux sur plusieurs années, la S.D.A.S.M.I. est en mesure d'absorber les coûts d'opération de dragage (la drague développée par la marina peut être opérée par l'un des membres, ce qui évite d'avoir à assumer les frais liés à l'utilisation d'un opérateur spécialisé).

La variante du rejet en eau libre permet non seulement à la marina de réduire au minimum le volume annuel de matériaux d'excavation mais également de sécuriser la navigation sur le site tout en améliorant l'efficacité d'opération de la marina (meilleure capacité de profondeur sur plus d'emplacements). De plus, il convient de noter que les sédiments retrouvés dans le bassin et le chenal d'accès de la halte nautique proviennent du fleuve. Il s'agit de sédiments en suspension qui se sont accumulés dans la marina en raison de la zone de faible courant créée par cet aménagement. En l'absence de la marina ces sédiments auraient continué d'être entraînés par les courants principaux et le transport de fond. Le rejet en eau libre est donc la variante retenue dans le cadre de ce projet puisqu'elle engendre un minimum d'impacts sur l'environnement à des coûts de réalisation respectant la capacité financière de la marina.

2.3 Envergure des travaux de dragage

Deux variantes ont été examinées en termes d'envergure des travaux de dragage à effectuer : draguer l'ensemble du site aux six ans ou draguer certains secteurs du site annuellement. L'examen des variantes a permis de conclure que le **dragage partiel annuel** du site est la variante qui répond

le mieux aux objectifs du projet tout en étant favorable à la protection de l'environnement pour les raisons citées ci-après.

2.3.1 Dragage d'entretien ponctuel complet

Cette variante consiste à draguer, en une seule intervention et environ une fois aux six ans, toute la superficie du bassin et du chenal d'accès de la halte nautique (superficie de 17 410 m²). Le principal avantage réside dans le fait qu'il est possible de retrouver rapidement les profondeurs initiales du bassin et du chenal d'accès. Toutefois, compte tenu de l'importance des volumes à excaver, la drague mécanique développée par la S.D.A.S.M.I. ne pourrait être utilisée et un nouveau site de rejet en eau libre devrait être identifié et autorisé, puisque celui actuellement utilisé ne peut recevoir plus de 5 000 m³ par année. De plus, en raison de l'envergure de l'opération, l'accès à la halte nautique devrait être interrompu durant les travaux et cette fermeture temporaire entraînerait une perte de revenus importante pour les gestionnaires de la halte nautique.

Les contraintes techniques et économiques de cette variante font en sorte que cette alternative ne peut être considérée dans le cadre de ce projet.

2.3.2 Dragage d'entretien annuel partiel

Cette variante consiste à draguer annuellement certains secteurs du bassin et du chenal d'accès afin d'y retrouver et d'y maintenir des profondeurs permettant une navigation sécuritaire. Un volume d'environ 3 000 à 5 000 m³ de sédiments serait excavé chaque année et disposé au site de rejet en eau libre autorisé lors des dragages de 2004, 2006 et 2007. Les travaux seraient réalisés sur une base quotidienne à l'aide de la drague mécanique à benne preneuse mise au point pour les besoins de la S.D.A.S.M.I. De plus, étant donné la manœuvrabilité de l'équipement et sa faible envergure, les activités de la halte nautique pourraient être maintenues durant toute la durée des travaux. En opérant son propre équipement, les coûts de réalisation du projet demeureraient dans les limites de la capacité financière de la S.D.A.S.M.I. De plus, compte tenu que seules des petites quantités seraient excavées, l'impact des travaux sur le milieu récepteur serait diminué par rapport au dragage ponctuel de l'ensemble du site.

Cette variante présente de nombreux avantages techniques, économiques et environnementaux et a donc été retenue dans le cadre de ce projet.

Chapitre 3 – Caractéristiques du projet

3.1 Volumes et superficies dragués

Le projet consistera à draguer annuellement certains secteurs du bassin et du chenal d'accès de la halte nautique afin de maintenir des conditions de navigation sécuritaires en tout temps. Les travaux de dragage viseront donc à atteindre 2m de profondeur dans la moitié sud du bassin, 3m dans sa moitié nord et 2,5m le long du chenal d'accès. Un volume de 3 000 à 5 000 m³ sera excavé chaque année sur une superficie de 17 410 m². Le programme décennal de dragage implique donc un volume total de sédiments de l'ordre de 30 000m³ à 50 000 m³. La localisation précise des secteurs à draguer sera évaluée chaque année en fonction de l'accumulation de sédiments observée.

3.2 Équipement de dragage

Les travaux seront réalisés à l'aide de la drague mécanique mise au point par la S.D.A.S.M.I. Cet équipement consiste en un chaland à fond plat muni d'un gouvernail, d'un propulseur d'étrave et d'une benne preneuse actionnée par des cylindres hydrauliques. Le chaland fait 34 pieds de longueur hors tout sur 13 pieds 10 pouces de largeur. Il se déplace à l'aide d'un moteur diesel de six cylindres et toutes les composantes des systèmes hydrauliques fonctionnent à l'huile végétale afin de minimiser les impacts sur le milieu aquatique (voir photo 3.1).

Compte tenu des restrictions importantes qu'imposent cette méthode de travail, soit d'extraire le matériau et acheminer chaque pelletée au site de rejet en eau libre, cet équipement ne peut travailler qu'à des périodes précises de la journée, soit trois heures avant la basse mer et trois heures après. De plus, cet équipement requiert de disposer des matériaux de dragage en eau libre, à un site de faible profondeur d'eau et situé à proximité du lieu des travaux. La drague se déplacera après chaque excavation de sédiments pour aller rejeter ces derniers au site de rejet.

3.3 Calendrier des travaux

Selon les résultats des essais effectués en 2006, la productivité de la drague est d'environ 60 à 75 m³ par jour. Entre 50 et 70 journées de travail (6 heures par jour sur semaine) seront donc nécessaires pour draguer un volume de 3 000 à 5 000 m³ par année. Aucun dragage ne sera effectué durant les fins de semaine ainsi que durant les 2 semaines de vacances de la construction.

Afin de minimiser les impacts sur la faune ichtyenne, notamment pour les espèces qui se reproduisent dans la zone d'étude, le dragage ne débutera qu'en juin, soit à la fin des périodes de fraie. Les travaux s'échelonneront de juin à la fin du mois d'octobre de chaque année.

3.4 Site de rejet en eau libre

Les sédiments seront acheminés au lieu de dépôt en eau libre autorisé par le MDDEP en 2004, 2006 et 2007 pour les opérations de dragages d'entretien de la S.D.A.S.M.I. Ce site est localisé à

environ 500 mètres de l'entrée du bassin de la halte nautique et se situe bien en retrait du chenal de navigation du fleuve Saint-Laurent et donc des aires de navigation commerciale. Sa profondeur varie entre 2,0 et 4,5 mètres et les secteurs les plus profonds sont situés au nord du site.

La carte 3.1 indique la localisation exacte du site de rejet en eau libre ainsi que le trajet que suivra la drague pour s'y rendre à partir de la halte nautique.

Le site de rejet présente un caractère dispersif compte tenu que les sédiments qui y sont rejetés sont dispersés en moins de 6 mois. Le fond du site est rocheux; aucun dépôt meuble n'y est retrouvé. Lors de la marée montante, les courants observés dans le secteur ont orientés vers l'amont et parallèles à la rive avec des vitesses de 0,4 à 0,5 m/s. Les courants diminuent ensuite un peu après la marée haute, pour ensuite s'inverser durant la marée descendante et atteindre une vitesse d'environ 0,5 m/s.

Le site retenu pour le rejet en eau libre a donc été choisi pour les avantages qu'il présente au plan de la sécurité pour la navigation et de l'environnement (fond rocheux et dispersif) ainsi qu'au plan technico-économique (proximité de la halte, coût réduit et abordable pour la S.D.A.S.M.I).

3.5 Activités en milieu aquatique, riverain et terrestre

Toutes les opérations du projet, soit le dragage dans le bassin et le chenal d'accès de la halte nautique ainsi que le rejet en eau libre des matériaux de dragage, n'impliquent aucune intervention en milieu riverain ou terrestre. La drague est présentement amarrée à l'un des pontons de la marina et aucun équipement supplémentaire ne doit être acheminé vers le site par voie terrestre afin de réaliser les travaux.



Photo 3.1 Dragage mécanique à benne preneuse développée par la S.D.A.S.M.I.



Échelle : 5 000
MTM, fuseau 7 (NAD83)

LÉGENDE

- trajet de la drague
- //// zone de dragage

Société de développement de l'Anse Saint-Michel Inc.
**Projet de dragage d'entretien du bassin et du chenal d'accès
de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse**

ÉTUDE D'IMPACT

**CORRIDOR DE TRANSPORT DE LA DRAGUE
LORS DES OPÉRATIONS**



Novembre 2008

Carte 3.1

Chapitre 4 – Milieu récepteur

4.1 Milieu physique

4.1.1 Courantométrie

En 1995, une étude de courantométrie a été réalisée au large de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse. Les conditions d'écoulement observées lors de cette étude indiquent une orientation des courants en direction amont (parallèlement à la rive) lors de la marée montante avec des vitesses de l'ordre de 0,4 à 0,5 m/s. Une diminution des vitesses de courant est ensuite observée un peu après la marée haute, suivie d'une inversion des courants une heure suivant l'étale¹ de marée haute. Lors de la marée descendante, les vitesses s'accroissent et demeurent ensuite assez constantes (environ 0,5 m/s) en direction aval pour à nouveau diminuer et s'inverser un peu moins de deux heures après la marée basse. Un mouvement giratoire horaire est alors observé tandis que les vitesses de courant varient entre 0,1 et 0,2 m/s (Roche, 1995).

4.1.2 Bathymétrie

Un relevé bathymétrique a été réalisé en mai 2007 par les Entreprises Normand Juneau Inc. afin de caractériser l'intérieur du bassin et du chenal d'accès de la halte nautique ainsi que le site actuellement utilisé pour le rejet en eau libre des sédiments de dragage d'entretien. De façon globale, les profondeurs du bassin de la halte nautique sont inférieures à 1 m près de la rive et au centre du bassin tandis qu'elles se situent entre 1,0 et 1,5 m dans le secteur nord-ouest du bassin ainsi qu'à proximité et dans le chenal d'accès. Quelques zones situées à l'entrée du chenal d'accès affichent une profondeur de 2,5 m, tandis que la majeure partie de chenal a une profondeur de 2 m en son centre. Quant au site de rejet des sédiments de dragage actuellement utilisé, sa profondeur augmente progressivement du sud vers le nord et se situe entre 2,0 et 4,5 m.

4.1.3 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau du chenal des Grands Voiliers a été investiguée entre 2004 et 2006 par le MDDEP. Les valeurs moyennes des paramètres analysés apparaissent au Tableau 4.1. La qualité de l'eau de la rivière Boyer, près de l'embouchure (station 02300001), y est également indiquée.

Entre 2004 et 2006, de mai à octobre, les concentrations de matières en suspension ont variées de 6 à 53 mg/l à l'entrée du chenal des Grands Voiliers. Au printemps (mai, juin), les concentrations ont variées entre 11 et 40 mg/l tandis qu'à l'automne (octobre), les concentrations ont variées entre 12 et 44 mg/l. Durant la période estivale, soit de juillet à septembre, les concentrations ont variées entre 7 et 15 mg/l (voir Tableau 4.2). Ces données sont similaires aux résultats obtenus par Hébert

¹ Moment où le courant ne se fait plus sentir

en 1993 (dans Fortin et Pelletier, 1995) où des teneurs variant entre 6,0 et 20,0 mg/l (médiane de 11 mg/l) avaient été enregistrées dans le chenal des Grands Voiliers durant les étés de 1990 et 1991.

4.1.4 Dynamique sédimentaire

Dans l'estuaire fluvial du Saint-Laurent, les vitesses supérieures à 0,3 m/s rencontrées au centre du fleuve permettent difficilement la sédimentation des particules. La sédimentation s'effectue dans les secteurs abrités tels que les baies, les herbiers, les ports et les marinas, où les vitesses sont inférieures à 0,1 m/s (Centre Saint-Laurent, 1996).

Dans la zone d'étude, le transport littoral est régi par les courants de dérive littorale. On observe deux courants parallèles à la ligne de rivage. Le premier, dit de dérive principale, montre un transport qui s'effectue d'est en ouest. L'autre, dit de dérive secondaire, indique un transport qui se fait d'ouest en est. L'influence de la dérive principale dans le secteur de la halte nautique est fortement diminuée par la présence du brise-lames est qui forme un obstacle au transport littoral venant de l'est. Il en résulte une sédimentation littorale qui s'effectue immédiatement à l'est du brise-lames est, à l'extérieur du bassin (Roche, 1990).

La portion de l'estuaire comprise entre Québec et la pointe est de l'île d'Orléans est caractérisée par des variations importantes des concentrations de solides en suspension. Le Centre St-Laurent (1996) indique des concentrations en matières en suspension moyennes de 12,2 mg/L dans la région de Québec et de 25 à 70 mg/L à la pointe est de l'île d'Orléans. Les concentrations maximales annuelles surviennent au printemps et à l'automne, ce qui démontre l'importance de la dynamique sédimentaire des tributaires du Saint-Laurent sur le comportement sédimentologique de ce dernier.

La halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse se situe à quelques kilomètres en amont de la zone de mélange avec les eaux salées, laquelle se situe à la pointe est de l'île d'Orléans. Le mélange entre les eaux douces et salées entraîne la floculation des particules ainsi qu'une forte remise en suspension de celles-ci (bouchon de turbidité). La concentration des matières en suspension à l'extrémité est de l'île peut parfois monter jusqu'à 200 et même 400 mg/l (Frenette et Verrette, 1976 dans Centre Saint-Laurent, 1996). Ces dernières concentrations se rencontrent probablement lors de périodes de tempêtes et/ou de fortes agitations des eaux par les vagues.

Tableau 4.1 Qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent (près de la pointe ouest de l'Île d'Orléans) et de la rivière Boyer entre mai 2004 et octobre 2006

Paramètre	Unité	Station 0000077				Station 0000105				Station 0000106				Station 0000107				Station 0230001			
		Fleuve Saint-Laurent (Anse aux sauvages à Lauzon) (300 m de la rive)				Fleuve Saint-Laurent (rive sud du Saint-Laurent)				Fleuve Saint-Laurent (centre du chenal des Grands Voiliers)				Fleuve Saint-Laurent (rive sud de l'île d'Orléans)				Rivière Boyer (pont route 281) (sud-est de Saint-Michel)			
		N	Moyenne	Écart-type	Médiane	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	N	Moyenne	Écart-type	Médiane
Azote ammoniacal	mg/l	33	0.03	0.02	0.03	18	0.03	0.02	0.02	18	0.03	0.01	0.02	18	0.03	0.02	0.02	34	0.06	0.06	0.04
Azote total filtré	mg/l	33	0.57	0.13	0.57	18	0.48	0.13	0.48	18	0.48	0.12	0.49	18	0.46	0.12	0.47	34	3.38	1.07	3.40
Calcium	mg/l	14	25.6	1.9	26.4	6	25.5	1.6	25.0	6	25.3	1.4	25.0	6	25.3	1.4	25.0	2	12.0	15.6	12.0
Carbone organique	mg/l	32	4.4	2.7	4.1	18	3.6	0.6	3.7	18	3.6	0.5	3.7	18	3.7	0.6	3.9	14	7.3	2.5	6.6
Chlorophylle a active	mg/m ³	16	0.95	0.33	0.85	18	2.04	0.70	1.90	18	2.12	0.72	2.15	18	2.04	0.69	2.05	17	4.36	6.31	2.90
Chlorophylle a totale	mg/m ³	16	2.49	1.12	2.24	18	3.51	1.00	3.50	18	3.59	1.10	3.49	18	3.67	1.10	3.45	17	8.52	8.01	6.00
Coliformes fécaux	UFC	33	164	179	118	18	404	602	177	18	362	375	230	18	385	442	255	33	667	1023	310
Conductivité	µS/cm	33	245.2	22.9	250.0	18	238.8	28.4	240.0	18	243.3	25.1	241.0	18	242.3	24.3	240.0	12	233.3	44.4	245.0
Dureté	mg/l	14	90.8	6.9	93.1	10	94.4	6.6	98.1	10	94.1	6.4	97.1	10	94.1	6.5	97.1				
Magnésium	mg/l	14	6.5	0.6	6.6	6	6.6	0.5	6.4	6	6.6	0.5	6.3	6	6.5	0.5	6.3				
Nitrates et nitrites	mg/l	33	0.37	0.11	0.37	18	0.30	0.12	0.30	18	0.30	0.11	0.28	18	0.30	0.11	0.29	34	2.91	1.07	2.95
Orthophosphates	mg/l																	31	0.033	0.030	0.03
Oxygène dissous	mg/l								9.00				9.00	17	9.1	1.2	8.9				
pH	pH	33	7.7		7.8	17	9.1	1.2	8.0	17	9.1	1.2	8.0	18	7.9		8.0	33	7.6		7.7
Phosphore total	mg/l	32	0.028	0.020	0.023	18	7.9		0.0	18	7.9		0.0	18	0.027	0.015	0.023	34	0.102	0.077	0.090
Phosphore total dissous	mg/l	33	0.007	0.003	0.005	18	0.027	0.013	0.005	18	0.029	0.015	0.005	18	0.005	0.001	0.005	34	0.027	0.023	0.023
Phosphore total en suspension	mg/l	32	0.021	0.019	0.016	18	0.006	0.002	0.018	18	0.007	0.005	0.017	18	0.021	0.015	0.018	34	0.075	0.064	0.055
Phéophytine	mg/m ³	16	1.54	0.83	1.30	18	0.022	0.012	1.400	18	0.022	0.014	1.350	18	1.63	0.73	1.40	17	4.16	3.74	3.20
Potassium	mg/l	7	1.49	0.13	1.50	18	1.47	0.59	1.50	18	1.48	0.70	1.50	6	1.43	0.08	1.45				
Sodium	mg/l	3	10.83	0.59	10.60	6	1.45	0.08	10.60	6	1.45	0.08	10.60	3	10.60	0.30	10.60				
Solides en suspension	mg/l	33	16	15	11	3	10.63	0.15	11.50	3	10.57	0.15	12.00	18	16	12	13	34	28	42	16
Température	°C	32	10.3	8.6	8.4	18	15	10	19	18	16	11	19	17	18.2	4.4	18.8	33	9.4	9.5	7.0
Turbidité	UNT	33	11.8	10.8	8.6	17	18.2	4.3	9.0	17	18.2	4.4	9.4	17	10.5	6.7	8.3	34	29.5	58.3	13.5
IQBP	-	Douteuse				Douteuse				Douteuse				Douteuse				Mauvaise à très mauvaise			

Source : MDDEP, 2007. Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA), Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement.

Tableau 4.2 Solides en suspension à l'entrée du chenal des Grands Voiliers (fleuve Saint-Laurent) entre 2004 et 2006

Année	Mois	Station 00000105	Station 00000106	Station 10000107
		Fleuve Saint-Laurent (rive sud du Saint-Laurent)	Fleuve Saint-Laurent (centre du chenal des Grands Voiliers)	Fleuve Saint-Laurent (rive sud de l'île d'Orléans)
Concentration des solides en suspension (mg/l)				
2004	14 mai	13	13	13
	17 juin	10	11	11
	15 juillet	7	6	7
	18 août	9	10	9
	16 septembre	15	14	14
	14 octobre	12	13	13
2005	19 mai	11	12	13
	20 juin	30	40	34
	14 juillet	7	8	9
	18 août	8	8	9
	15 septembre	9	7	9
	13 octobre	43	44	53
2006	23 mai	33	36	38
	15 juin	16	15	15
	13 juillet	12	12	12
	17 août	11	12	14
	14 septembre	8	11	9
	12 octobre	15	15	14

Source : MDDEP, 2007

Frenette et Larinier (1973) ont caractérisé l'évolution de la concentration de solides en suspension à la hauteur de Beaumont durant deux cycles complets de marée. On constate que les concentrations maximales et minimales mesurées étaient respectivement de l'ordre de 40 mg/L et de 5 mg/L, avec une concentration moyenne de l'ordre de 28 mg/L (mesures relevées environ une heure avant le début de la marée montante). Au droit de Saint-Michel-de-Bellechasse, selon les saisons et les marées, la concentration moyenne des matières en suspension varie entre 25 et 52 mg/L (Centreau, 1974).

4.1.5 Nature et qualité physico-chimique des sédiments

4.1.5.1 Nature des sédiments

Les sédiments du bassin et du chenal d'accès de la halte nautique ont été échantillonnés en 2007, 2006, 2004 et 1996 (Robert, 2007). Les résultats obtenus en 2007 indiquent que ces sédiments sont composés majoritairement de silt (entre 58 et 63%) et de sable (entre 23 à 34%) tandis que le reste est composé d'argile. La granulométrie est également similaire d'un échantillon à l'autre. Les résultats des analyses granulométriques de 2007 sont présentés au Tableau 4.3.

4.1.5.2 Qualité des sédiments

La qualité des sédiments du bassin et du chenal d'accès de la halte nautique a été analysée en 2007, 2006, 2004 et 1996. Les résultats de 2007 sont présentés au tableau 4.3 et la localisation des

stations apparaît sur la Carte 4.1. Aucun échantillon n'a été prélevé au site de dépôt. La nature du fond marin (fond rocheux) n'a pas permis la récupération de sédiments dans cette zone.

Les concentrations en métaux de la plupart des échantillons prélevés en 2007 sont inférieures au seuil sans effet des *Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent* (Environnement Canada et MENVIQ, 1992). Deux échantillons ont des concentrations en mercure (Hg) légèrement supérieures au seuil sans effet tandis que trois échantillons ont des concentrations en arsenic (As) qui se situent entre le seuil sans effet et le seuil d'effets mineurs. Les résultats obtenus démontrent que les concentrations en métaux mesurées sont inférieurs aux critères A² de la « *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* » (Ministère de l'Environnement du Québec, 1999). En ce qui concerne les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les hydrocarbures C₁₀-C₅₀ et les biphényles polychlorés (BPC), les valeurs mesurées sont inférieures ou égales (cas du pyrène) au seuil sans effet des *Critères intérimaires* et au critère A de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (Ministère de l'Environnement, 1999). En vertu du classement des sédiments selon les seuils présentés dans les *Critères intérimaires*, les sédiments présents en 2007 à l'intérieur du bassin de la halte nautique et du chenal d'accès constituent des sédiments de classe 1. Ces sédiments peuvent être rejetés en eau libre ou encore être valorisés (sans restriction) en milieu terrestre, puisque tous les paramètres mesurés sont inférieurs au niveau de contamination A selon la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (Ministère de l'Environnement du Québec, 1999).

4.2 Milieu biologique

4.2.1 Végétation

La zone de marais retrouvée le long des rives de Saint-Michel-de-Bellechasse (voir Carte 4.2) est recouverte principalement par le scirpe américain (*Scirpus americanus*) et la zizanie à fleurs blanches variété naine³ (*Zizania aquatica* var. *brevis*). Le haut du marais est dominé par l'eupatoire maculée (*Eupatorium maculatum*), l'eupatoire perfoliée (*Eupatorium perfoliatum*) et la spartine pectinée (*Spartina pectinata*). On y retrouve également la deschampsie cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*) et le jonc articulé (*Juncus articulatus*) (CRECA, 2004). Aucune végétation n'est retrouvée dans le bassin et le chenal d'accès de la halte nautique. Le site de rejet en eau libre utilisé en 2004, 2006 et 2007 est également dépourvu de végétation.

² Les critères A représentent les teneurs de fond pour les substances inorganiques et les limites de quantification pour les substances organiques dans les sols (Ministère de l'Environnement du Québec, 1999).

³ Espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable.

Tableau 4.3 Résultats analytiques des échantillons de sédiments prélevés en 2007 dans le bassin et le chenal d'accès de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse

Paramètres	Unité	Échantillons					
		CE09	BE09	CHENAL	BO14	CO14	D5
Date d'échantillonnage		Avril 2007			Octobre 2007		
BPC (sommation des congénères)⁽⁵⁾	mg/kg	0,010	0,010	0,011	0,013	0,011	0,010
HP (C₁₀-C₅₀)	mg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100
HAP							
Naphtalène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2-méthylnaphtalène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1-méthylnaphtalène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,3-diméthylnaphtalène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acénaphthylène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acénaphthène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,3,5-triméthylnaphtalène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fluorène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Phénanthrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Anthracène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fluoranthène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pyrène	mg/kg	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(a)anthracène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chrysène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
7,12-diméthylbenzo(a)anthracène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(e)pyrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(a)pyrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3-méthylcholanthrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
7h-dibenzo(c,g)carbazole	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,e)pyrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Métaux							
Mercuré	mg/kg	0,04	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06
Arsenic	mg/kg	4,1	5,4	4,3	5,3	5	4,5
Cadmium ⁽⁷⁾	mg/kg	-	-	-	<0,2	<0,2	<0,2
Chrome	mg/kg	28	28	29	36	38	34
Cuivre	mg/kg	21	22	24	24	27	25
Nickel	mg/kg	22	23	23	26	28	26
Plomb	mg/kg	14	15	15	12	13	14
Zinc	mg/kg	87	89	94	79	84	77
Carbone organique total	%	2,25	2,76	5,07	2,78	1,88	2,65
Sédimentométrie							
% Argile	%	14	8,2	13	14	13	15
% Sable	%	23	34	25	22	11	26
% Silt	%	63	58	62	64	76	59

Critères intérimaires ⁽¹⁾			Critères de sol ⁽⁶⁾		
SSE ⁽²⁾	SEM ⁽³⁾	SEN ⁽⁴⁾	A	B	C
0,02	0,2	1	0,05	1	10
-	-	-	300	700	3 500
0,02	0,4	0,6	0,1	5	50
0,02	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
0,01	-	-	0,1	10	100
0,01	-	-	0,1	10	100
-	-	-	0,1	1	10
0,01	-	-	0,1	10	100
0,03-0,07	0,4	0,8	0,1	5	50
0,02	-	-	0,1	10	100
0,02-0,2	0,6	2	0,1	10	100
0,02-0,1	0,7	1	0,1	10	100
-	-	-	0,1	1	10
0,05-0,1	0,4	0,5	0,1	1	10
0,1	0,6	0,8	0,1	1	10
0,3	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
-	-	-	-	-	-
0,01-0,1	0,5	0,7	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
0,005	-	-	0,1	1	10
-	-	-	-	-	-
0,1	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
-	-	-	0,1	1	10
0,05	0,2	1	0,2	2	10
3	7	17	6	30	50
0,2	0,9	3	1,5	5	20
55	55	100	85	250	800
28	28	86	40	100	500
35	35	61	50	100	500
23	42	170	50	500	1 000
100	150	540	110	500	1 500
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

(1) : Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent (Environnement Canada et MENVIQ, 1992)

(2) : Seuil sans effet

(3) : Seuil d'effet mineur

(4) : Seuil d'effet néfaste

(5) : Il n'y a pas de critères en vigueur pour la méthode des congénères - anciens critères présentés à titre indicatif

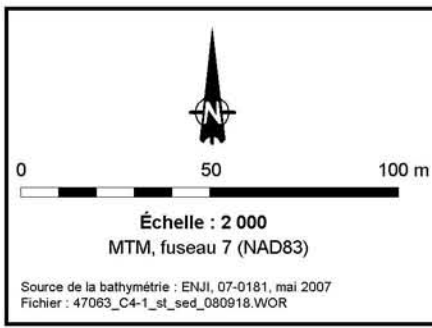
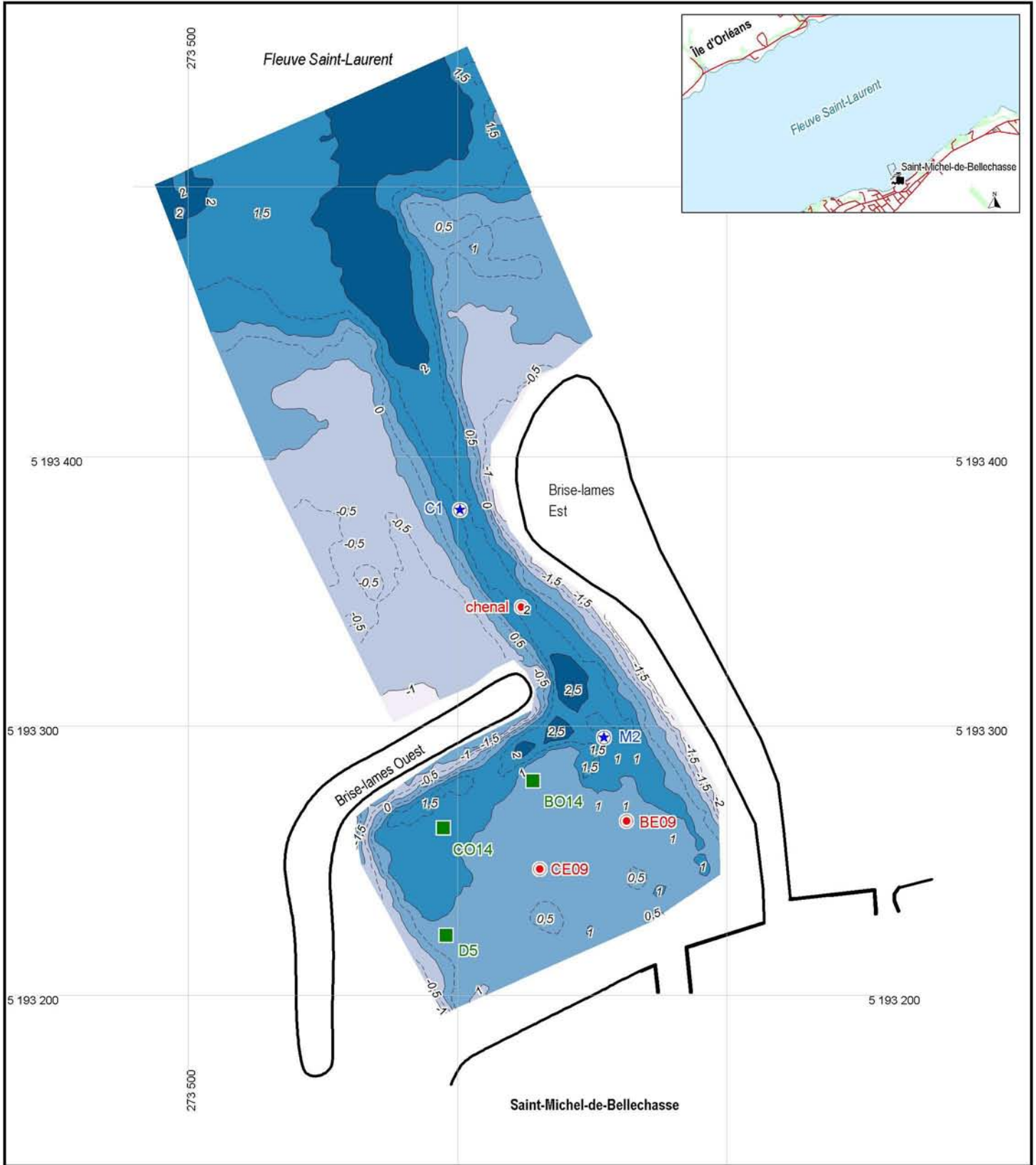
(6) : Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (Ministère de l'Environnement du Québec, 1999)

(7) : Le MDDEP a réalisé une contre-expertise sur les échantillons de sédiments prélevés en octobre 2007 en vue d'évaluer à nouveau les concentrations des métaux dans les sédiments, particulièrement pour le cadmium.


Les analyses ont été effectuées par le Centre d'expertise et d'analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Les présents résultats pour les métaux en octobre 2007 (Cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb et zinc) sont ceux du CEAEQ.

En général, les résultats des analyses de métaux effectués par le laboratoire EG dans le cadre de l'EIE sont similaires à ceux du CEAEQ, sauf en ce qui concerne la cadmium.

Les valeurs de cadmium mesurées par le laboratoire EG, ont donc été rejetées et seules les concentrations de cadmium et des autres métaux mesurées par le CEAEQ en octobre 2007 apparaissent au présent tableau.



- LÉGENDE**
- bathymétrie en mètres
 - station d'échantillonnage des sédiments à l'automne 2007
 - station d'échantillonnage des sédiments en 2007
 - station d'échantillonnage des sédiments en 2006

Société de développement de l'Anse Saint-Michel Inc.
Projet de dragage d'entretien du bassin et du chenal d'accès de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse
 ÉTUDE D'IMPACT
LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DES SÉDIMENTS
 **ROCHE**
 INGENIEURS-CONSILS Janvier 2008

4.2.2 Faune

4.2.2.1 Faune benthique

Les inventaires réalisés près des battures de Beaumont (Station B-1) et à la pointe est de l'Île d'Orléans (station B-2) (Levasseur, 1977) indiquent que ces secteurs sont largement dominés par les oligochètes tubificidés (85,3 % et 70,8% respectivement), suivis des larves de diptères (6,5 % et 29,2% respectivement).

Des échantillonnages effectués plus récemment près de la rive sud du Saint-Laurent, face à Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans, indiquent que la communauté benthique de ce secteur est composée principalement d'insectes (56%; diptères chironomidés principalement) et d'oligochètes (39%; tubificidés principalement). Les quelque 5% restants sont formés de mollusques (gastéropodes principalement) et de crustacés (amphipodes principalement) (SNC-Lavalin, 2006).

4.2.2.2 Faune ichthyenne

Trente-deux espèces de poissons sont recensées dans le fleuve Saint-Laurent à proximité de la municipalité de Saint-Michel-de-Bellechasse. Au moins neuf espèces se reproduisent dans la zone d'étude : l'alose savoureuse (*Alosa sapidissima*), le doré jaune (*Stizostedion vitreum*), l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), l'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*), le gaspareau (*Alosa pseudoharengus*), le grand brochet (*Esox lucius*), le meunier noir (*Catostomus commersoni*), le meunier rouge (*Catostomus catostomus*) et la perchaude (*Perca flavescens*). Les aires de reproduction de ces espèces (Pêches et Océans Canada, 2007b) sont illustrées à la Carte 4.2.

Des frayères potentielles pour l'alose savoureuse, le meunier noir et le meunier rouge seraient situées à environ 5 km en aval du quai de Saint-Laurent, à l'embouchure des rivières Moulin, Maheu et Lafleur (Mousseau et Amelin, 1995, Tiré de Shooner et Associés, 1991). Le ruisseau Beaumont, le ruisseau de l'Église et le ruisseau Labrecque, tous situés dans la municipalité de Beaumont, seraient aussi considérés comme des frayères potentielles pour l'éperlan arc-en-ciel (CDPNQ, 2007; CRECA, 2004; Doucet, 2005). La frayère à éperlan arc-en-ciel de la rivière Boyer aurait été abandonnée due à la pollution organique observée dans le secteur.

4.2.2.3 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 partie du fleuve incluse dans la zone d'étude.

4.2.2.4 Faune avienne

La halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse ainsi que le site de dépôt retenu pour les sédiments de dragages ne sont pas des lieux de rassemblement de la sauvagine. Certains oiseaux

se rassemblent un peu plus à l'ouest ou à l'est de la municipalité mais pas sur le site même de la marina.

La municipalité de Saint-Vallier abrite le refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Vallier (361,9 hectares), l'un des cinq refuges d'oiseaux migrateurs de la région de Chaudière-Appalaches. En période migratoire, ce refuge abrite principalement des espèces telles que la grande oie des neiges et la bernache du Canada. 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.

4.2.2.5 Mammifères semi-aquatiques et terrestres

Plusieurs espèces de mammifères semi-aquatiques fréquentent les milieux aquatiques et riverains de l'estuaire du Saint-Laurent : le rat musqué commun (*Ondatra zibethicus*), le vison d'Amérique (*Mustela vison*), et l'hermine (*Mustela erminea*) (CRECA, 2004).

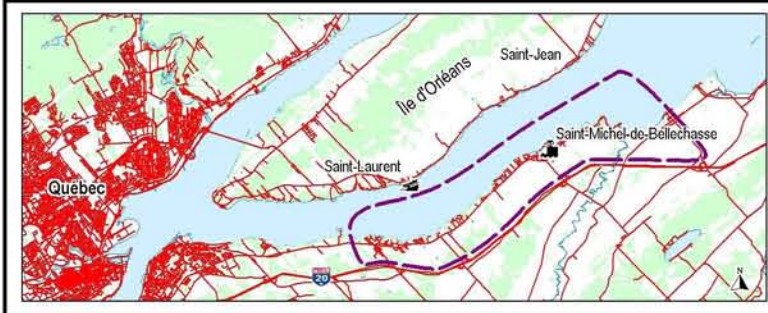
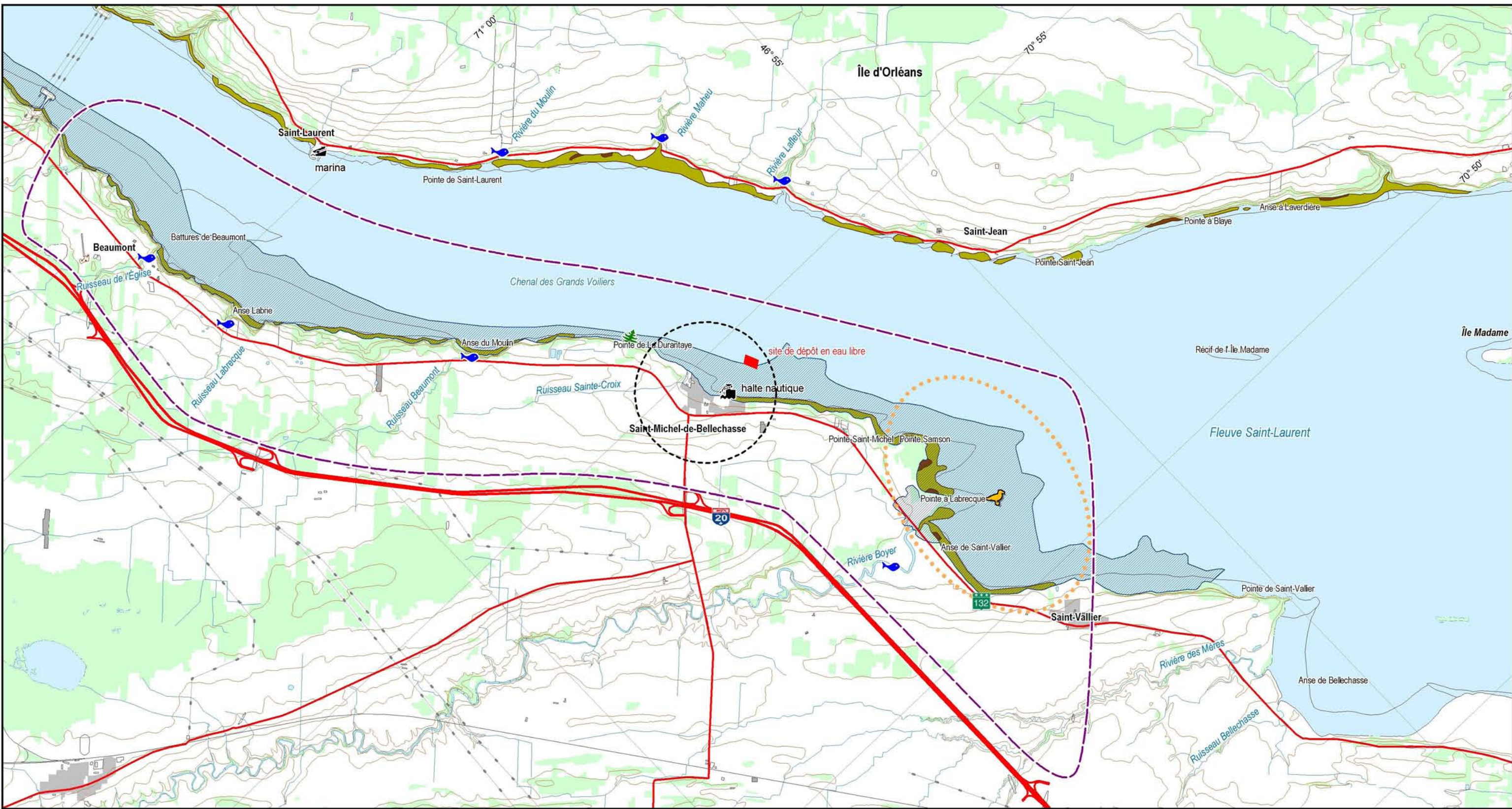
L'utilisation des rives par les mammifères terrestres demeure limitée en raison de l'anthropisation des berges. Certains riverains de la région de Chaudière-Appalaches relatent toutefois la présence du renard roux (*Vulpes vulpes*), de l'orignal (*Alces alces*) et du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) (CRECA, 2004).

4.3 Espèces à statut particulier

4.3.1 Flore

Neuf espèces végétales à statut particulier seraient potentiellement retrouvées à proximité de la halte nautique, le long des rives du fleuve Saint-Laurent. Parmi ces espèces, six sont susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables : le bident d'Eaton (*Bidens eatonii*), l'épilobe cilié var. à graines nues (*Epilobium ciliatum* var. *ecomosum*), l'isoète de Tuckerman (*Isoetes tuckermanii*), le lycoper d'Amérique var. du Saint-Laurent (*Lycopus americanus* var. *laurentianus*), la renouée ponctuée var. des estrans (*Polygonum punctatum* var. *parvum*) et la zizanie à fleurs blanches var. naine (*Zizania aquatica* var. *brevis*). Trois espèces sont désignées menacées au Québec : la cicutaire maculée var. Victorin (*Cicuta maculata* var. *victorinii*), l'ériocaulon de Parker (*Eriocaulon parker*) et gentianopsis élancé var. Victorin (*Gentianopsis procera* ssp. *macounii* var. *victorinii*) (CDPNQ, 2007).

Au niveau fédéral, la *Loi sur les espèces en péril* [2002, ch. 29] et le *Comité sur la situation des espèces en péril au Canada* (COSEPAC) désignent la cicutaire de Victorin comme étant préoccupante et la gentiane de Victorin comme étant menacée.



0 1,0 2,0 km
 Échelle : 60 000
 UTM, fuseau 19 (NAD83)
 Base carto. : RNF, 21L14 / 21L15, 1:50 000, 24 mai 2007.
 Sources : Sighap, 2007; CDPNQ, 2007; Shoener, 1990.
 Environnement Canada, 2007.
 Fichier : 47063_C4-2_Sites_biodinteret_080902.WOR

——— Limite de la zone d'étude
 - - - Limite du secteur d'intervention

Végétation
 Marécage
 Marais
 Habitat floristique du Marais-de-la-Pointe-de-La Durantaye

Habitat du poisson - Aire de reproduction
 Alose savoureuse
 Doré jaune
 Doré sp.
 Éperlan arc-en-ciel
 Esturgeon jaune
 Gaspareau
 Grand brochet
 Meunier noir
 Meunier rouge
 Meunier sp.
 Perchaude
 Frayère potentielle
 Refuge d'oiseaux migrateurs

Société de développement de l'Anse Saint-Michel Inc.
Projet de dragage d'entretien du bassin et du chenal d'accès de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse
 ÉTUDE D'IMPACT
SITES BIOLOGIQUES D'INTÉRÊT
ROCHE
 INGÉNIEURS-CONSILS
 Septembre 2008
Carte 4.2
 (version révisée)

4.3.2 Faune ichthyenne

Au Québec, l'alose savoureuse et l'éperlan arc-en-ciel sont désignées *vulnérables* tandis que l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*), l'esturgeon jaune et l'esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*) sont *susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*.

4.3.3 Faune avienne

Au Québec, l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*), le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) et le pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) sont considérés comme des espèces *vulnérables* au sens de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* [L.R.Q. c. E-12.01]. Le grèbe esclavon (*Podiceps auritus*) a quant à lui le statut d'espèce menacée alors que les espèces suivantes sont considérées susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables : l'hibou des marais (*Asio flammeus*), la paruline à ailes dorées (*Vermivora chrysoptera*) et la sterne caspienne (*Sterna caspia*). Au Canada, le bruant des prés (*Passerculus sandwichensis*, sous-espèce *princeps*), l'hibou des marais et le quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*) sont considérés comme des espèces préoccupantes alors que l'autour des palombes (*Accipiter gentilis*, sous-espèce *laingi*) et le faucon pèlerin ont le statut d'espèces menacées. L'alouette hausse-col (*Eremophila alpestris*) est considérée comme une espèce en voie de disparition. Toutes ces espèces ont été observées à l'intérieur ou à proximité de la zone d'étude.

4.4 Milieu humain

4.4.1 Localisation et démographie

Implantée sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, entre Beaumont et Saint-Vallier, la municipalité de Saint-Michel-de-Bellechasse est bornée au sud par les municipalités de La Durantaye et de Saint-Charles. En son centre, la rivière Boyer traverse le territoire d'ouest en est avant de se jeter dans le fleuve près de Saint-Vallier. Saint-Michel-de-Bellechasse forme avec Beaumont et Saint-Vallier la frontière nord de la MRC de Bellechasse.

4.4.2 Aménagement et utilisation du territoire

Au sud de la route 132, la municipalité de Saint-Michel endosse une vocation agricole qui est protégée par la loi. Au nord de la route 132, le milieu bâti s'étire en bordure du fleuve et est dominé par une vocation résidentielle. C'est le long de la rue Principale que l'on rencontre les quelques commerces et services destinés aux besoins locaux (épicerie, bureau de poste, etc.). Les bâtiments institutionnels et religieux (église, écoles, hôpital, HLM) sont concentrés en grande partie au centre du noyau urbain qui entoure la halte nautique existante et le parc riverain qui lui est connexe (voir Carte 4.3).

Il est à noter qu'outre l'importance de la vocation agricole de la municipalité, l'économie locale profite de plus en plus du secteur culturel et récréo-touristique. À cet effet, le golf Saint-Michel (18 trous), le parc routier, le théâtre d'été (498 places), le lieu de pèlerinage Notre-Dame-de-Lourdes, la halte nautique et l'accès au fleuve facilité par la jetée lumineuse, la plage, les chalets et les terrains de camping, sont certes des attraits touristiques majeurs pour Saint-Michel-de-Bellechasse. À cela s'ajoute la très grande beauté des paysages, la piste verte pour les cyclistes, le circuit historique, le musée du Voiturier (voitures de bois miniatures) et le festival de chant choral folklorique et populaire.

Le site où est installée la halte nautique fait partie du patrimoine touristique de Saint-Michel-de-Bellechasse depuis des siècles et a toujours été un endroit privilégié de rencontre et de détente pour toute la population, tant locale que régionale. D'ailleurs, le Plan d'urbanisme de la municipalité de Saint-Michel compte parmi ses orientations celle de consolider et de mettre en valeur les secteurs récréo-touristiques dont, notamment, celui situé au nord de la route 132. À cet effet, la municipalité souligne que l'industrie récréo-touristique génère des revenus importants pour cette dernière et contribue à son identité propre, d'où l'avantage pour Saint-Michel d'encourager le développement du récréo-tourisme et de mettre en place des conditions qui favorisent le développement de cette industrie. En plus des plaisanciers, le site accueille les adeptes de diverses activités nautiques telles la planche à voile, la voile légère, le motonautisme et le kayak de mer; ces derniers usagers utilisent surtout les installations de la halte nautique pour la mise à l'eau de leurs embarcations.

4.4.3 Plaisanciers

Une des clientèles qui utilise la halte nautique est celle des plaisanciers saisonniers et des plaisanciers visiteurs. On estime à 685 700 le nombre d'embarcations de plaisance au Québec et à 170 le nombre de ports de plaisance et marinas au Québec⁴. Les revenus directs et indirects du tourisme nautique sont très importants : 1,1 milliards de dollars. Ce type de tourisme engendrerait des retombées économiques plus importantes que celles du camping caravaning, de la motoneige et du Quad réunis.

Nonobstant cette situation, le Québec accuserait un important retard en matière de tourisme nautique en raison notamment de la faible disponibilité de places à quai, qui constitue un obstacle réel de mise en marché, tant chez les plaisanciers saisonniers que chez les visiteurs (*Plan stratégique de développement et de marketing du tourisme nautique au Québec* du Groupe DBSF, 2002). Exception faite de Montréal et Québec, les marinas du Québec sont fréquemment de petite taille (100 places et moins), ce qui restreint d'autant la capacité d'accueil des visiteurs de l'extérieur. Pour sa part, la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse offre 75 places, dont 10 réservées pour les visiteurs.

⁴ Données du « Premier congrès sur le tourisme nautique au Québec », tenu à Gaspé en septembre 2004.

Étant donné que l'on prévoit une croissance du tourisme nautique au Québec en raison du vieillissement de la population, de la retraite des baby-boomers et de la recherche de nouvelles expériences et modes de vie, la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse devrait connaître une popularité grandissante au cours des prochaines années. À cela s'ajoutent des retombées économiques intéressantes pour la municipalité puisqu'il est estimé à 259\$ les dépenses quotidiennes des plaisanciers québécois (Groupe DBSF, 2002).

4.4.4 Activités de pêche

4.4.4.1 Pêche commerciale

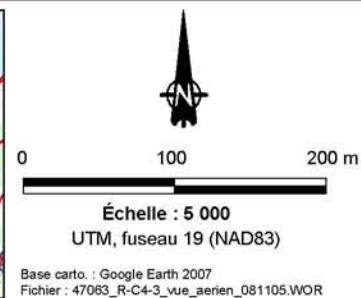
Entre 1986 et 1989, quatre engins de pêche commerciale étaient répartis à proximité de la zone d'étude : un à Berthier-sur-mer, un à Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans et deux à Saint-François-de-l'Île-d'Orléans. Les principales espèces capturées étaient l'anguille d'Amérique, l'esturgeon noir, l'esturgeon jaune, le doré noir et la carpe allemande (*Cyprinus carpio*). Ces poissons étaient pour la plupart destinés aux marchés locaux et régionaux (Roche, 1990).

Aujourd'hui, la pêche commerciale a fortement diminué. L'esturgeon jaune, l'esturgeon noir et l'anguille d'Amérique sont aujourd'hui les principales espèces récoltées lors de pêches commerciales (Société de la faune et des parcs, 2002 dans Roche, 2007) et représentent 90% des débarquements (Club nautique de l'Île Bacchus Inc., 2002). L'archipel de Montmagny et le bras nord de l'Île d'Orléans sont reconnus comme des lieux de pêche commerciale de l'esturgeon noir (75 % de la récolte dans le Saint-Laurent). La pêche commerciale à l'esturgeon jaune se limite aux alentours de l'île d'Orléans (MDDEP, 2002)

4.4.4.2 Pêche sportive

Vers la fin des années 1980, la pêche sportive était relativement peu importante dans le secteur de la halte nautique et essentiellement limitée au baret, que l'on capturait à la ligne, à partir d'embarcations. Jusque dans les années 1960, la pêche à l'éperlan constituait une activité fort prisée dans le secteur de la rivière Boyer mais la détérioration de la rivière et ses conséquences néfastes sur la population d'éperlans ont considérablement réduit l'importance de cette pêche sportive (Roche, 1990).

Aujourd'hui, peu d'activités de pêche sportive sont pratiquées à proximité de la halte nautique. La plupart des activités de pêche récréative s'effectue près de la marina de Saint-Laurent de l'Île d'Orléans, laquelle représente l'un des rares points d'accès au fleuve pour les pêcheurs de dorés à l'aide d'embarcations. Un tournoi de pêche est également organisé au mois d'août de chaque année à partir de cette marina.



Société de développement de l'Anse Saint-Michel Inc.
**Programme décennal de dragage d'entretien
 de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse**
 RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES

**VUE AÉRIENNE DE LA MUNICIPALITÉ
 DE SAINT-MICHEL-DE-BELLECHASSE**



ROCHE
 INFRASTRUCTURES-CONSILLES
 Novembre 2008

Carte 4.3

Chapitre 5 - Impacts sur l'environnement

Les principaux impacts appréhendés sur le milieu biophysique concernent la qualité de l'eau, la bathymétrie (à la halte nautique et au site de rejet), la faune benthique, la faune ichthyenne et la faune avienne. Les principaux impacts du projet sur le milieu humain concernent la qualité de vie (bruit), l'utilisation du site et l'économie locale.

5.1 Qualité de l'eau

Le dragage et le rejet en eau libre des sédiments auront un impact négatif sur la qualité de l'eau en raison de la remise en suspension d'une partie des sédiments dragués. La dispersion des sédiments est particulièrement liée aux particules fines et dans le cas présent, les sédiments à excaver sont surtout composés de silt et de sable fin avec une plus faible proportion d'argile.

Il importe de mentionner que le transport des sédiments de fond qui se produira ici diffère d'un panache de dispersion. Dans le présent cas, l'augmentation de la concentration des matières en suspension ne sera pas ressentie sur toute la colonne d'eau mais uniquement dans le dernier mètre de profondeur. Les sédiments déposés sur le site de rejet se maintiendront également à des profondeurs égales sinon supérieures à celles retrouvées au point de rejet et n'auront pas tendance à remonter vers des zones moins profondes. Ce phénomène correspond donc à un transport de fond et non à un panache de dispersion comme on peut en observer lors d'un rejet par barge ou lors d'un dragage hydraulique.

Ainsi, sur une période de marée montante de 6 heures, les sédiments déposés au site de rejet seront transportés près du fond sur une distance maximale d'environ 14 km vers l'amont avant que la concentration de matières en suspension au fond de l'eau ne redevienne semblable à la concentration en MES naturelle du secteur. Pour une période de marée descendante de 6 heures, les sédiments seront transportés sur une distance maximale d'environ 17 km vers l'aval avant que la concentration de matières en suspension au fond de l'eau redevienne semblable à la concentration en MES naturelle du secteur. La résultante du transport de fond des sédiments pour plusieurs cycles de marée sera dirigée vers l'aval du site de rejet puisque les courants moyens sont plus élevés à marée descendante qu'à marée montante. Les résultats de la modélisation qui a été effectuée dans le cadre de la présente E.I.E. sont illustrés sur la Carte 5.1. L'ouverture maximale du tracé y est également indiquée.

Il importe de rappeler que la simulation ici effectuée porte sur une période fixe de 6 heures et qu'en temps normal, les conditions de vagues varient à l'intérieur de cette période. La hauteur de vague retenue dans cette simulation permet toutefois d'observer qu'en conditions optimales d'opération de la drague (vagues de 0,3 m) et selon un courant moyen observé dans le secteur lors de la marée montante (0,4 m/s) ou descendante (0,5 m/s), la distance maximale qui sera parcourue par les

sédiments de dragage près du fond de l'eau sera de 14 km en marée montante et de 17 km en marée descendante.

Enfin, les sédiments qui seront excavés dans le cadre des travaux de dragage d'entretien seront déposés à une profondeur d'environ 3m. Selon le tracé illustré sur la Carte 5.1, ces sédiments suivront les courants principaux du fleuve Saint-Laurent. Ces sédiments ne seront pas déplacés vers la rive puisque les profondeurs près de celle-ci sont inférieures à 2m. D'autre part, les vents dominants observés dans le secteur s'alignent dans l'axe longitudinal du fleuve et proviennent surtout du nord-est et du sud-ouest.

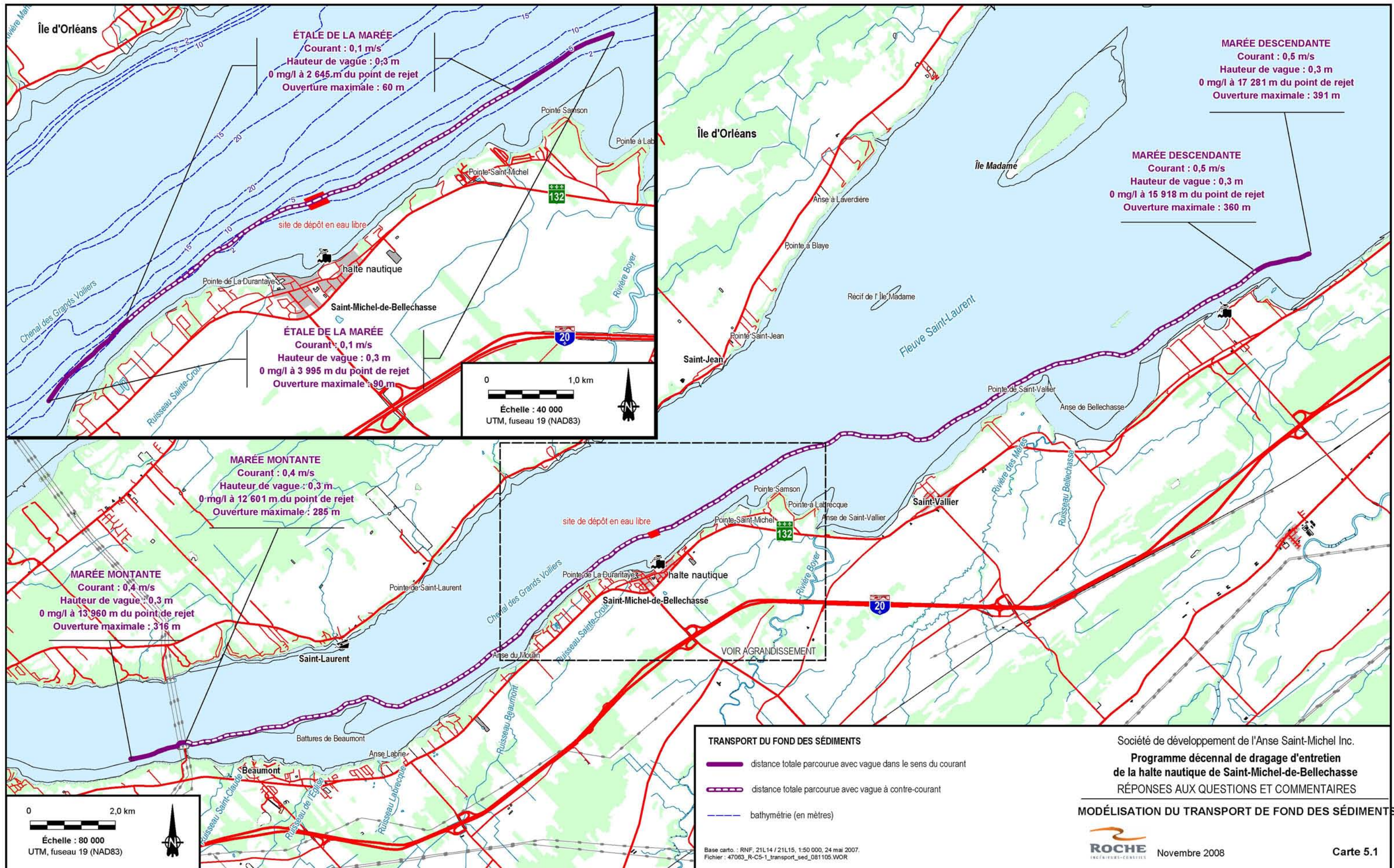
Les sédiments déposés sur le site de rejet en eau libre lors des dragages antérieurs auront donc suivi une trajectoire de fond similaire à celle ici modélisée. Ces sédiments auront rejoints les courants principaux du fleuve et se seront déposés dans l'axe de ces courants et en aval du site de rejet compte tenu que les vitesses de courants sont plus importantes vers l'aval que vers l'amont.

Le Tableau 5.1 présente les concentrations additionnelles de matières en suspension qui sont prévues près du fond de l'eau au site de rejet des sédiments de dragage et au temps zéro, soit juste après l'ouverture de la benne. Ce tableau présente aussi les concentrations de matières en suspension (MES) après 6 heures en aval et en amont du site de rejet.

A marée montante, les concentrations de MES au point de rejet (près du fond de l'eau) seront d'environ 17 mg/l au-dessus des concentrations naturelles du secteur. Six heures après le dépôt des sédiments de dragage, les concentrations additionnelles de MES seront d'environ 8 mg/l à mi-chemin du tracé, soit à environ 7 km en amont du point de rejet (si les vagues sont dans le sens du courant).

À marée descendante, les concentrations de MES au point de rejet (près du fond de l'eau) seront d'environ 19 mg/l au-dessus des concentrations naturelles du secteur. Six heures après le dépôt des sédiments de dragage, les concentrations additionnelles de MES seront d'environ 9 mg/l à mi-chemin du tracé, soit à environ 8,6 km en aval du point de rejet (si vague dans le sens du courant).

À titre d'information, entre 2004 et 2006, les concentrations de matières en suspension dans le Chenal des Grands Voiliers ont varié entre 6 et 40 mg/l de juin à août et entre 7 et 53 mg/l de septembre à octobre. Ceci représente une variation naturelle allant jusqu'à 46 mg/l en l'espace de quelques semaines et ce, dans toute la colonne d'eau. Dans le cadre du projet de dragage d'entretien de la marina, les augmentations de MES seront d'environ 10 à 20 mg/l par rapport aux concentrations naturelles et ce, uniquement dans le dernier mètre de profondeur de la colonne d'eau, pour quelques heures seulement et dans une portion très restreinte du chenal des Grands Voiliers.



ÉTALE DE LA MARÉE
 Courant : 0,1 m/s
 Hauteur de vague : 0,3 m
 0 mg/l à 2 645 m du point de rejet
 Ouverture maximale : 60 m

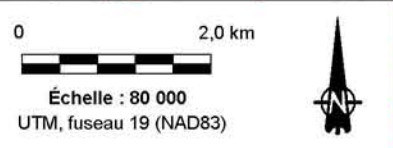
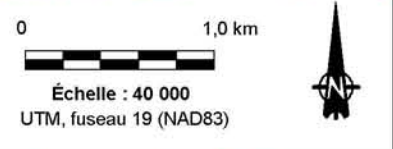
ÉTALE DE LA MARÉE
 Courant : 0,1 m/s
 Hauteur de vague : 0,3 m
 0 mg/l à 3 995 m du point de rejet
 Ouverture maximale : 90 m

MARÉE DESCENDANTE
 Courant : 0,5 m/s
 Hauteur de vague : 0,3 m
 0 mg/l à 17 281 m du point de rejet
 Ouverture maximale : 391 m

MARÉE DESCENDANTE
 Courant : 0,5 m/s
 Hauteur de vague : 0,3 m
 0 mg/l à 15 918 m du point de rejet
 Ouverture maximale : 360 m

MARÉE MONTANTE
 Courant : 0,4 m/s
 Hauteur de vague : 0,3 m
 0 mg/l à 12 601 m du point de rejet
 Ouverture maximale : 285 m

MARÉE MONTANTE
 Courant : 0,4 m/s
 Hauteur de vague : 0,3 m
 0 mg/l à 13 960 m du point de rejet
 Ouverture maximale : 316 m



- TRANSPORT DU FOND DES SÉDIMENTS**
- distance totale parcourue avec vague dans le sens du courant
 - - - - - distance totale parcourue avec vague à contre-courant
 - - - - - bathymétrie (en mètres)

Base carto. : RNF, 21L14 / 21L15, 1:50 000, 24 mai 2007.
 Fichier : 47063_R-CS-1_transport_sed_081105.WOR

Société de développement de l'Anse Saint-Michel Inc.
Programme décennal de dragage d'entretien
 de la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse
 RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES

MODÉLISATION DU TRANSPORT DE FOND DES SÉDIMENTS



Novembre 2008

Carte 5.1

Tableau 5.1 Distance parcourue par les sédiments (transport de fond) déposés au site de rejet et concentrations additionnelles de MES (mg/l)

Conditions normales d'opération à marée montante (vague dans le sens du courant)

Courant (m/s)	Hauteur de vague (m)	Ouverture du panache (m)	Concentration additionnelle moyenne près du fond (mg/L)		
			Suite à l'ouverture de la benne au point de rejet	Six heures après le rejet	
				6 980 m (50% du trajet)	13 960 m (100% du trajet)
0.4	0.3	316	16.79	8.39	0.00

Conditions normales d'opération à marée montante (vague à contre-courant)

Courant (m/s)	Hauteur de vague (m)	Ouverture du panache (m)	Concentration additionnelle moyenne près du fond (mg/l)		
			Suite à l'ouverture de la benne au point de rejet	Six heures après le rejet	
				6 301 m (50% du trajet)	12 601 m (100% du trajet)
0.4	0.3	285	16.79	8.39	0.00

Conditions normales d'opération à marée descendante (vague dans le sens du courant)

Courant (m/s)	Hauteur de vague (m)	Ouverture à la fin du trajet (m)	Concentration additionnelle moyenne près du fond (mg/l)		
			Suite à l'ouverture de la benne au point de rejet	Six heures après le rejet	
				8 641 m (50% du trajet)	17 281 m (100% du trajet)
0.5	0.3	391	18.78	9.39	0.00

Conditions normales d'opération à marée descendante (vague à contre-courant)

Courant (m/s)	Hauteur de vague (m)	Ouverture à la fin du trajet (m)	Concentration additionnelle moyenne près du fond (mg/l)		
			Suite à l'ouverture de la benne au point de rejet	Six heures après le rejet	
				7 959 m (50% du trajet)	15 918 m (100% du trajet)
0.5	0.3	360	18.78	9.39	0.00

Conditions normales d'opération à l'étalement de la marée (vague dans le sens du courant)

Courant (m/s)	Hauteur de vague (m)	Ouverture à la fin du trajet (m)	Concentration additionnelle moyenne près du fond (mg/l)		
			Suite à l'ouverture de la benne au point de rejet	Six heures après le rejet	
				1 998 m (50% du trajet)	3 995 m (100% du trajet)
0.1	0.3	90	11.86	5.93	0.00

Conditions normales d'opération à l'étalement de la marée (vague à contre-courant)

Courant (m/s)	Hauteur de vague (m)	Ouverture à la fin du trajet (m)	Concentration additionnelle moyenne près du fond (mg/l)		
			Suite à l'ouverture de la benne au point de rejet	Six heures après le rejet	
				1 323 m (50% du trajet)	2 645 m (100% du trajet)

Il convient aussi de mentionner que le critère de qualité du MDDEP et les recommandations du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) pour la protection de la vie aquatique autorisent une augmentation maximale de 25 mg/l de matières en suspension pour une période d'exposition de courte durée (i.e. 24 heures). Or, dans le cas présent, l'augmentation prévue de matières en suspension près du fond est inférieure à 20 mg/L et ce, au point même de rejet (voir Tableau 2.2).

Par ailleurs, il faut rappeler qu'on retrouve un bouchon de turbidité à quelques kilomètres en aval de la halte nautique et les concentrations naturelles dans ce secteur atteignent généralement 70 mg/L (Frenette, 1989 dans Roche, 2006) et peuvent parfois augmenter jusqu'à 200 mg/l et même 400 mg/l (Frenette et Verrette, 1976 dans Centre Saint-Laurent, 1996).

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue locale. Considérant la courte durée de la perturbation, **l'impact des travaux sur la qualité de l'eau est considéré faible.**

5.2 Bathymétrie (bassin et chenal d'accès)

Le dragage modifiera la bathymétrie du bassin et du chenal d'accès. Le fait de draguer annuellement entre 3 000 et 5 000 m³ de sédiments permettra d'assurer en tout temps des conditions de navigation sécuritaires pour les plaisanciers. Ceci constitue un impact positif de forte intensité en raison de l'importance de l'ensablement actuellement observé 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, **l'impact positif du projet sur la bathymétrie du bassin et du chenal d'accès est jugé moyen.**

5.3 Bathymétrie (site de rejet)

Le rejet des sédiments de dragage modifiera la bathymétrie du site de rejet en eau libre. Environ 3 000 à 5 000 m³ seront déposés annuellement sur ce site (entre les mois de juin et d'octobre) et son caractère dispersif a été démontré lors des opérations de dragage de 2004 et de 2006. Aucune accumulation de sédiments n'y est présentement observée (fond rocheux). Considérant l'intensité moyenne de la répercussion, son étendue ponctuelle et sa courte durée, **l'impact du projet sur la bathymétrie du site de rejet est jugé faible.**

5.4 Faune benthique

Le dragage aura un impact négatif sur la faune benthique présente sur les aires de dragage du bassin, du chenal d'accès et du site de rejet. Les sédiments qui seront dispersés au site de rejet sont susceptible d'avoir un impact sur les peuplements benthiques situés à proximité de la halte nautique en raison des concentrations accrues de MES dans la colonne d'eau. Toutefois, ces sédiments seront mélangés à la charge sédimentaire du fleuve avant de se déposer et les variations causées

par les travaux ne seront ressenties que sur quelques heures et dans une portion très restreinte du fleuve.

L'intensité de cet impact est ainsi considéré moyen (au site de dragage et le long du tracé) et son étendue ponctuelle. Étant donné la courte durée de la perturbation, **l'impact des travaux sur la faune benthique est jugé faible.**

5.5 Faune ichthyenne

Le dragage et le rejet des sédiments auront un impact négatif sur la faune ichthyenne. Toutefois, la période de réalisation des travaux (juin à octobre) a été déterminée de façon à éviter les périodes critiques pour les poissons (notamment en ce qui concerne l'éperlan arc-en-ciel) et demeure 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 variables de concentration de MES considérant la présence d'un bouchon de turbidité tout près des travaux. Or, les espèces qui sont plus ou moins régulièrement exposées à des variations naturelles des concentrations de MES résistent plus facilement aux hausses générées par les travaux de dragage (Environnement Canada, 1994). Gagnon *et al.* (1993) mentionnent également que les travaux de dragage d'entretien de marinas et de quais dans la zone de transition saline située à la limite de l'estuaire fluvial et de l'estuaire moyen ne constituent pas une source d'impact majeure compte tenu de la très forte turbidité naturelle de ce milieu. Il importe aussi de mentionner que les phénomènes naturels entraînent des hausses de turbidité et des augmentations du taux de matières en suspension importantes, similaires à celles observées lors de travaux de dragage (Kirby et Land, 1991, dans Environnement Canada, 1994). Les tempêtes, les inondations, les crues et les grandes marées sont autant de phénomènes naturels qui entraînent des hausses de turbidité importantes, sans compter que ces phénomènes se produisent sur de vastes étendues et parfois durant de longues périodes.

Il a été démontré que des concentrations de sédiments en suspension 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 (Appleby et Scarrat, 1989 et Palermo *et al.*, dans Environnement Canada, 1994). Les mortalités observées en cas de concentrations élevées de sédiments en suspension sont habituellement liées 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 d'intervention du projet. Drinnan et Bliss (1986, dans Environnement Canada, 1994) indiquent également que la majorité des poissons tendent à éviter les zones touchées par des opérations de dragage. La benne

preneuse sera néanmoins descendue près du fond du site et non ouverte au-dessus du site, ce qui limitera grandement la dispersion des sédiments dans la colonne d'eau.

Éperlan arc-en-ciel

Des inventaires réalisés au printemps 2007 (Génivar, 2007) indiquent la présence d'une frayère à éperlan au large du ruisseau de l'Église et du ruisseau Saint-Claude (voir carte 4.2), à moins de 800m de leur embouchure, sur un large plateau rocheux peu profond à marée basse. Les conditions décrites dans ces études ne permettent toutefois pas de conclure à la présence de telles frayères dans le secteur immédiat de la marina de Saint-Michel-de-Bellechasse. L'épaisse couche de sédiments fins (principalement du silt) accumulés dans le bassin et le chenal d'accès de la marina est peu propice à l'établissement d'œufs d'éperlans, lesquels préfèrent frayer sur des substrats rocheux, de graviers, de cailloux ou à la limite de sable. Quant au site de rejet, bien qu'il présente un substrat rocheux, sa profondeur (i.e 2 à 4.5m) ne correspond pas à celle recherchée par l'éperlan lors de la fraie dans l'estuaire (i.e. moins de un mètre).

De plus, les activités de dragage qui seront effectuées dans la marina ne débuteront pas avant le mois de juin, soit après l'éclosion des larves d'éperlan. Afin de poursuivre leur croissance, les larves se dirigeront vers la zone de turbidité située en aval de l'île d'Orléans, là où les concentrations naturelles de MES sont bien supérieures à celles retrouvées dans le secteur de la marina ou dans la zone d'influence des sédiments dragués.

Esturgeon noir

Plusieurs études ont été effectuées afin d'évaluer les impacts du rejet en eau libre de sédiments de dragage sur les poissons et leurs habitats, notamment sur les populations d'esturgeons noirs (*Acipenser oxyrinchus*) de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. La zone de transition de l'estuaire a notamment été reconnue comme étant un habitat critique, particulièrement pour les juvéniles (2 ans) d'esturgeons noirs. Ces études s'attardent pour la plupart sur les impacts du rejet de sédiments au site de dépôt de l'Île Madame près duquel des dunes de sables se sont formées sur une surface d'environ 12 km² (Hatin *et al.*, 2007b).

Hatin *et al.* (2007b) ont démontré que les sédiments rejetés annuellement sur ce site se déplacent graduellement vers les principales aires d'alimentation des juvéniles d'esturgeons noirs (situées en aval de l'île Madame, entre l'Île au Ruau et l'île au Grues) et que ces sédiments modifient le substrat de ce secteur en augmentant la proportion de sable au fond de l'eau. En effet, dans la zone de transition de l'estuaire du Saint-Laurent, les secteurs recouverts de sables affichent un potentiel d'alimentation inférieur aux secteurs recouverts d'un autre substrat. Ces conclusions sont également supportées par McQuinn et Nellis (2007) ainsi que Nellis *et al.* (2007a, 2007b), lesquels affirment que les opérations de rejet de sédiments ont eu des impacts négatifs sur la distribution et les aires d'alimentation des esturgeons de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent.

Il importe toutefois de noter que les sédiments qui sont rejetés près de l'île Madame sont essentiellement constitués de sable et ne contiennent que très peu de silt et d'argile. Lors des opérations de dragage, une drague hydraulique est utilisée, ce qui a pour effet de remettre en suspension les quelques sédiments fins présents et d'entraîner la déposition des sédiments plus lourds. Le problème majeur est donc essentiellement causé par les particules de sable qui, étant plus lourdes, tendent à se déposer et former des dunes dans le secteur. L'impact des sédiments fins dans ce secteur est même considéré comme étant peu important (Nellis *et al.*, 2007).

Dans le cadre du projet de dragage décennal d'entretien de la marina de Saint-Michel-de-Bellechasse, les sédiments de dragage qui seront déposés en eau libre contiennent une plus grande proportion de sédiments fins que de sédiments lourds. Il est donc peu probable que des dunes de sables se forment le long du tracé modélisé; les sédiments fins auront plutôt tendance à être repris par les courants en présence de vagues puisqu'il s'agit de suspensives du fleuve. L'effet dispersif du site de rejet a d'ailleurs été démontré par les relevés bathymétriques effectués au cours des dernières années.

De plus, Hatin *et al.* (2007b) ainsi que Nellis *et al.* (2007a) ont démontré que les meilleures aires d'alimentation des juvéniles d'esturgeon noirs se retrouvent sur les substrats recouverts de quantités importantes de silt et d'argile. D'autre part, les travaux effectués par Nellis *et al.* (2007b) indiquent que les esturgeons noirs sont concentrés près du site de dépôt de l'île Madame, soit à environ 4 km au nord du tracé modélisé pour les sédiments de dragage de la marina. Ces considérations nous amènent à croire que le projet n'aura pas d'impact sur l'esturgeon noir et son habitat.

Conclusion

Les études réalisées récemment à l'île Madame, dans la zone de transition de l'estuaire, démontrent que le rejet en eau libre peut effectivement causer des impacts négatifs sur certaines espèces de poissons. Toutefois, il faut considérer l'envergure du rejet en eau libre réalisé à l'île Madame (dépôt annuel de 18 950 m³ de sable durant 23 ans, Hatin *et al.*, 2007a) par rapport à celui qui sera effectué à la halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse (dépôt annuel de 3 000 à 5 000 m³ durant 10 ans). En effet, seules de faibles quantités seront draguées annuellement et le dépôt des sédiments au site de rejet se fera par le biais d'une drague mécanique et en déposant une pelletée à la fois plutôt que de façon continue à l'aide d'une drague hydraulique. La pelletée de sédiments sera également déposée près du fond de l'eau au lieu d'être ouverte au-dessus de la colonne d'eau. Les sédiments rejetés se maintiendront ensuite près du fond de l'eau et les concentrations additionnelles dans le milieu seront inférieures au critère de protection pour la vie aquatique du MDDEP. Ces sédiments proviennent également du fleuve Saint-Laurent et se sont déposés dans la marina uniquement en raison des faibles courants locaux. Enfin, les poissons circulant dans le secteur pourront facilement éviter les zones où les concentrations de MES seront légèrement plus élevées (i.e. dernier mètre de profondeur) compte tenu que seule une partie de la colonne d'eau présentera

des concentrations de MES plus élevée. Ces concentrations sont d'ailleurs nettement inférieures à celles observées lors de condition de tempête ou même au niveau du bouchon de turbidité, zone près de laquelle se situe notamment l'aire d'alimentation de plusieurs espèces de poissons.

Ainsi, l'intensité de la perturbation est considérée faible, son étendue locale et sa durée courte.

L'impact des travaux sur la faune ichtyenne et son habitat est donc jugé faible.

5.6 Faune avienne

Le bruit résultant de l'opération et du déplacement de la drague est peu susceptible d'engendrer des nuisances significatives pour la faune avienne, étant similaire au bruit généré par les autres embarcations fréquentant le site. Le secteur d'intervention n'est également pas considéré comme un habitat préférentiel pour la sauvagine tel que l'est l'anse de Saint-Vallier, située à quelques kilomètres en aval de la halte nautique. L'intensité de la perturbation est donc jugée faible et l'étendue ponctuelle. Compte tenu de la courte durée des travaux, **impact du projet sur la faune avienne est jugé faible.**

5.7 Qualité de vie (bruit)

L'opération de l'équipement de dragage est peu susceptible d'avoir un impact négatif significatif sur la qualité de vie des usagers (plaisanciers et usagers terrestres) de la halte nautique. Tel que mentionné ci-haut, le bruit généré par l'équipement est similaire à celui des autres embarcations fréquentant le site. Par le passé, aucune plainte n'a été formulée par les citoyens concernant les activités de dragage d'entretien dans le secteur.

L'intensité de la perturbation est jugée faible et son étendue ponctuelle. La durée de la perturbation est toutefois considérée longue puisque l'équipement sera utilisé durant toute la saison active de la halte nautique (environ 50 à 70 journées à raison de 6 heures par jour) et ce, durant 10 ans. Néanmoins, **l'impact du projet sur la qualité de vie est jugé faible.**

5.8 Utilisation du site (incluant navigation de plaisance)

L'opération de l'équipement de dragage est susceptible d'avoir un impact négatif sur l'utilisation du site par les usagers de la halte nautique en raison des nombreux déplacements qui seront effectués entre les aires de dragage et le site de rejet. On estime à environ 24, le nombre de voyages qui seront requis par journée de travail (environ 4 voyages par heure). Le dérangement sera toutefois similaire au dérangement occasionné par le passage de toute autre embarcation de plaisance du secteur en raison de la faible envergure de la drague et de sa grande manœuvrabilité. Dans l'éventualité où une ou plusieurs embarcations veulent s'engager dans le chenal en même temps que la drague, l'attente sera similaire à celle observée lorsqu'une autre embarcation du site y circule. Quant à l'utilisation terrestre du site, celle-ci ne sera nullement affectée par les travaux en raison de l'absence d'équipements et d'infrastructures liés au dragage sur la berge durant les travaux.

Considérant la faible intensité de la perturbation, son étendue ponctuelle et sa longue durée (travaux réalisés durant toute la saison active de la halte nautique et ce, durant 10 ans), **l'impact du projet sur l'utilisation du site est jugé faible.**

5.9 Économie locale

Les travaux auront un impact positif sur l'économie locale en raison de la possibilité d'offrir des conditions d'utilisation sécuritaires à un site récréo-touristique fort prisé dans la région. La municipalité de Saint-Michel-de-Bellechasse bénéficiera des retombées économiques positives liées à l'utilisation locale et régionale du site et ce, tant par les usagers réguliers que touristiques. On peut également souligner que la présence des bateaux et des équipages de la garde côtière et de SIMEC peuvent également contribuer à l'économie locale tout en assurant la sécurité du public en cas d'accident. L'intensité du projet est donc jugée forte (grand nombre de personnes positivement affectées) et l'étendue régionale (usagers provenant notamment de la région de Québec et de Lévis). Considérant la longue durée de la répercussion, **l'impact positif du projet sur l'économie locale est jugé fort.**

Chapitre 6 – Mesures d'atténuation, impacts résiduels et cumulatifs

6.1 Mesures d'atténuation et impacts résiduels

Plusieurs mesures d'atténuation ont été intégrées au projet lors de sa conception et sa planification. Citons notamment :

- le choix de la période de dragage (laquelle débute seulement après la période de fraie des espèces sensibles);
- l'utilisation d'un équipement de dragage dont toutes les composantes liquides des systèmes hydrauliques sont d'huile végétale afin de minimiser les impacts sur le milieu aquatique en cas de bris d'équipement;
- l'étanchéité du godet qui fait en sorte qu'aucun sédiment ne peut s'échapper dans la colonne d'eau lors du transport;
- la technique de dragage qui permet de retirer les sédiments et de les redéposer à un autre endroit sans le brouillage de l'eau.

Les impacts résiduels du projet résulteront donc d'une légère augmentation des concentrations de MES dans le fond de l'eau, de la modification de la bathymétrie des aires de dragage et le long du tracé qui sera emprunté par les sédiments et de la présence et du déplacement de l'équipement sur le site. Tous les impacts négatifs du projet sont toutefois considérés faibles et le projet aura des impacts positifs moyens et forts sur la bathymétrie de la halte nautique ainsi que sur l'économie locale.

6.2 Impacts cumulatifs

Les impacts cumulatifs liés au dragage d'entretien sont faibles. Il est possible que d'autres activités de dragage d'entretien soient effectuées dans les marinas situées de part et d'autre de celle de Saint-Michel-de-Bellechasse. Toutefois, ces marinas sont situées à une certaine distance du site du projet et les conditions d'écoulement du fleuve, les conditions de variabilité naturelle des concentrations de MES dans le secteur et les mesures d'atténuation qui seront requises lors de la réalisation de ces projets font en sorte que les impacts cumulatifs demeureront faibles.

Chapitre 7 – Surveillance et suivi environnemental

Le programme de surveillance et de suivi environnemental a pour but de s'assurer que les mesures d'atténuation proposées lors de la conception du projet et lors de la réalisation de l'étude d'impact sont bien mises en application sur le terrain et que ces mesures sont efficaces. Il vise également à assurer aux autorités concernées que les conditions fixées dans le décret gouvernemental ainsi que les lois et règlements environnementaux en vigueur sont effectivement respectés.

7.1 Rapports de surveillance et de suivi

Le programme de surveillance et de suivi sera effectué par une personne désignée par le promoteur, laquelle acheminera périodiquement (annuellement durant les deux premières années; sur demande par la suite) au MDDEP et à Transport Canada (Programme de protection des eaux navigables) un rapport d'état des travaux. Ce rapport comprendra :

- 1) des renseignements sur le déroulement des opérations de dragage;
- 2) les résultats de la surveillance des concentrations de MES;
- 3) les résultats du suivi bathymétrique qui sera effectué dans les aires de dragage ainsi qu'au site de rejet avant et après chaque année de dragage.

7.2 Surveillance des conditions de turbidité et des concentrations de MES

Compte tenu que les concentrations de MES ne peuvent être mesurées qu'en laboratoire et considérant le délai requis avant d'obtenir des résultats, la mesure de la turbidité de l'eau sera utilisée dans le cadre de ce projet à titre d'indicateur de la concentration de matières en suspension. Selon le CCME (1999), « ... aux endroits où la relation entre la concentration de sédiments en suspension et la turbidité est connue, on peut utiliser la turbidité comme variable auxiliaire pour prédire les concentrations de sédiments en suspension (Lloyd et coll., 1987). » Cette approche présente de nombreux avantages, notamment celle de pouvoir réagir rapidement dans l'éventualité où les concentrations de MES sont trop élevées.

Une courbe de calibration sera effectuée à l'aide des solutions suivantes :

- Échantillons d'eau du fleuve sans ajout de sédiments;
- Échantillons d'eau du fleuve avec ajout de sédiments du site de dragage aux concentrations suivantes : 10 mg/l, 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l, 100 mg/l et 150 mg/l.

Les sédiments qui seront ajoutés aux solutions proviendront du site de dragage. Avec un turbidimètre, la turbidité de ces solutions sera mesurée et les concentrations de MES seront mesurées en laboratoire. Une fois les résultats en main, une courbe de calibration sera réalisée

entre les mesures de MES et la turbidité. Cette courbe permettra par la suite de transformer les lectures de turbidité prises sur le terrain en concentrations de MES.

Les mesures de turbidité sur le terrain seront effectuées dans la zone d'influence des sédiments de dragage et en retrait de celle-ci (station témoin). Trois stations d'échantillonnage seront utilisées, soit une au point de rejet, une à 50 mètres et une à 100 mètres dans le sens d'écoulement du courant. Les mesures de la turbidité seront effectuées sur toute la colonne d'eau (profils verticaux) à chacune des stations. Si les concentrations observées démontrent que l'augmentation de MES dépasse le critère de protection de la vie aquatique, des ajustements seront effectués pour améliorer la situation. Des échantillons d'eau pourront également être prélevés dans les secteurs où le critère est dépassé afin de vérifier en laboratoire la concentration réelle de MES.

Enfin, il convient de noter qu'en cas d'observation de dégradation imprévue des conditions du milieu, les travaux de dragage seront interrompus temporairement en vue d'évaluer la situation et prendre les mesures nécessaires afin de rétablir les conditions initiales.

Références

- Alliance Environnement, 2004. *Dragage du chenal Tardif à Notre-Dame-de-Pierreville – Municipalité de Pierreville – Étude d'impact sur l'environnement*. 86p.
- Association des havres de plaisance de la Gaspésie et des Îles de la Madeleine, 2004. *Premier congrès sur le tourisme nautique au Québec*. Gaspé, 24, 25, 26 septembre 2004, 165 p.
- Bider, J. R. et S. Matte. 1994. *Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec*. Québec : Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 106 p.
- Canard Illimités Canada, 2003. *Atlas de conservation des terres humides de la vallée du Saint-Laurent*, mars 2003.
- Canard Illimités, 2006. *Portrait des milieux humides – Région administrative de la Chaudière-Appalaches*, octobre 2006.
- CDPNQ. Voir Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec.
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec, 2007. *Occurrences du CDPNQ* (Données fauniques et espèces floristiques) - Saint-Michel-de-Bellechasse.
- Centre Saint-Laurent, 1992. *Guide méthodologique de caractérisation des sédiments*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada et ministère de l'Environnement du Québec, 160 p.
- Centre Saint-Laurent, 1993. *Qualité des sédiments et bilan des dragages sur le Saint-Laurent*. Document rédigé par Lucie Olivier et Jacques Bérubé. Direction du développement technologique, No. de catalogue En 153-12/1993F, 273 p.
- Centre Saint-Laurent, 1996. *Rapport synthèse sur l'état du Saint-Laurent, volumes 1 et 2*. Environnement Canada-région du Québec, Conservation de l'environnement et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. «BILAN Saint-Laurent». Centre Saint-Laurent, 2000. *Les risques et les conséquences environnementales de la navigation sur le Saint-Laurent-rapport ST-188-2^{ième} édition*, 177 p.
- Centreau, 1974. *Études du fleuve Saint-Laurent. Tronçon Varennes-Montmagny. Aspect physiques et sédimentologiques*.
- Club nautique de l'Île Bacchus Inc., 2002. *Étude d'impact sur l'environnement du projet de dragage d'entretien du port de refuge de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans pour la période 2002-2012*, 51 p. + annexes.
- CRECA - Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches, 2004. *Plan de restauration des habitats du Saint-Laurent en Chaudière-Appalaches – Caractérisation et proposition de restauration du milieu riverain*. Octobre 2004, 180 p.
- D'Anglejan, 1981. *On the Advection of Turbidity in the St. Lawrence Middle Estuary*. Estuaries, Vol 4 n°1, p. 2-15.
- Desroches, J.-F. et D. Rodrigue, 2004. *Amphibiens et reptiles du Québec et des maritimes*. Waterloo (Québec) : Éditions Michel Quintin, 288 p.
- Doucet, J., 2005. *Suivi de la reproduction de l'éperlan arc-en-ciel dans la rivière Fouquette en 2005*. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de la région du Bas Saint-Laurent, 13 p.
- ENJI (Entreprises Normand Juneau Inc.), 2007. *Bathymétrie – Marina de Saint-Michel – Plan des profondeurs – chenal d'entrée, marina et site de rejet*.
- Envirolab, 1974. *Étude du fleuve Saint-Laurent. Tronçon Varennes-Montmagny. Qualité des eaux*, 255 p.

- Environnement Canada, 2002. *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime. Volume 1, Directives de planification.* Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport, 105 p.
- Environnement Canada, 2002. *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime. Volume 2, Manuel du praticien de terrain.* Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport, 106 p.
- Environnement Canada, 2004. *Normales climatiques au Canada 1971-2000-Saint-Michel*, Québec. Mise à jour en mars 2004. <http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/>
- Environnement Canada, MENVIQ, 1992. *Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent.* Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, 28 p.
- Environnement Canada, Service canadien de la faune, 2007. *Refuge d'oiseaux migrants de Saint-Vallier.* http://www.qc.ec.gc.ca/faune/faune/html/rom_saint-vallier.html
- 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.
- Frenette M. et Larinier M., 1973. *Some results of the sediment regime of St. Lawrence river.* Proceedings of the 9th Canadian Hydrology Symposium of fluvial Processes and Sedimentation. University of Alberta, Edmonton, 130-157.
- Gagnon M., 1995. *Bilan régionale secteur Québec-Lévis*, 65 p.
- 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.* Sifibec pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale Chaudière-Appalaches, 52p.
- Groupe DBSF, 2002. *Plan stratégique de développement et de marketing du tourisme nautique – Faits saillants et sommaire des priorités d'actions*, Août 2002, 13 p.
- Halte nautique Saint-Michel-de-Bellechasse, 2006. *Demande de certificat d'autorisation – Contexte environnemental* – 20 mars 2006, 34 p.
- INRS-Eau, 1975. *Étude du fleuve Saint-Laurent. Tronçon Cornwall-Montmagny. Synthèse des études 1974-2975.* Groupe de travail Canada-Québec sur le fleuve Saint-Laurent. Université du Québec. Rapport scientifique n°48, 141 p.
- Lehoux, D., A. Bourget, P. Dupuis et J. Rosa, 1985. *La sauvagine dans le système du Saint-Laurent (fleuve, estuaire, golfe).* Environnement Canada, Service canadien de la faune, région de Québec, 76 pp. + annexe.
- MDDEP. Voir Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- Ministère de l'Environnement du Québec, 1999. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés.* Les Publications du Québec, 124 p.
- Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de l'aménagement de la faune de Chaudière-Appalaches, 2007. *Données fauniques (St-Michel-de-Bellechasse).*
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2002. Glossaire des indicateurs d'état. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/sys-image/glossaire2.htm#iqbp>

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2002. *Portrait régional de l'eau - Chaudière-Appalaches (Région administrative 12)*. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/regions/region12>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2007. *Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA)*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des Réseaux atmosphériques, 2007. *Statistiques sur les vents – Observations à 8h et 18h (HNE) – Période 1978-1989*.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2007. *Guide d'interprétation de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. Les Publications du Québec, 148 p.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1974. *Inventaire détaillé du fleuve Saint-Laurent. Saint-François, I.O. à Sainte-Pétronille, I.O., côté sud, Lauzon à Berthier-sur-Mer*.
- MRC de Bellechasse, 2007. *Site territorial de la MRC de Bellechasse*. www.mrcbellechasse.qc.ca
- MRNFP. Voir Ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs.
- Ouellet, Y. et W. Baird, 1978. *Érosion des rives dans le Saint-Laurent*. Canadian Journal of Civil Engineering, 5 : 311-323.
- Ouellet, Y., 1989. *Étude numérique de l'agitation due aux vagues. Marina de Saint-Michel-de-Bellechasse*. Mars 1989.
- Panasuk, S., 1987. *L'érosion actuelle et récente des îles de Varennes dans la région de Montréal*. Université du Québec à Montréal. Rapport de recherche.
- Pêches et Océans Canada, 2003. *Marées, courants et niveaux d'eau – Saint-Jean (Île d'Orléans)*. <http://www.niveauxdeau.gc.ca/french/Canada.shtml>
- Pêches et Océans Canada, 2006. *Le monde sous-marin*. http://www.dfo-mpo.gc.ca/zone/under-sous_f.htm
- Pêches et Océans Canada, 2007a. *Service des données sur le milieu marin (SDMM)*. http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/meds/Home_f.htm
- Pêches et Océans Canada, 2007b. *Système d'information pour la gestion de l'habitat du poisson (SIGHAP)*, <http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/habitat/fr/cartographie.htm>
- Robert, Thomas, 2007. *Demande de certificat d'autorisation- Travaux ponctuels de dégagement des chaîne d'ancrage des pontons - Fleuve Saint-Laurent - Saint-Michel-de-Bellechasse*, 6 p.
- 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. Halieu. et aqua. No 2057 : vi + 56 p.
- Roche ltée, groupe-conseil, 2006. *Étude d'impact du projet d'aménagement d'un terminal maritime au quai de Saint-Laurent, Île d'Orléans – Rapport principal*. Société des traversiers du Québec, 123 p. + annexes.
- Roche ltée, groupe-conseil, 2007. *Étude d'impact du projet d'aménagement d'un terminal maritime au quai de Saint-Laurent, Île d'Orléans – Réponses aux questions*. Société des traversiers du Québec, 123 p. + annexes. 31 p.
- Roche, 1990. *Projet d'agrandissement de la halte nautique-Étude d'impact sur l'environnement*, 156 p. + dossier photographique.
- Roche, 1995. *Étude environnementale - Installation d'un émissaire d'égout domestique à Saint-Michel-de-Bellechasse*.
- Roche, 1997a. *Étude environnementale - Halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse*, avril 1997, 45 p.

Roche, 1997b. *Bathymétrie et caractérisation des sédiments-Halte nautique de Saint-Michel-de-Bellechasse*, janvier 1997, 45 p.

Saint-Laurent vision 2000, 1998. *Plan d'action et de réhabilitation écologique (PARE) du secteur Québec-Lévis. ZIP Québec*, 149 p.

Service hydrographique du Canada, 2001. *Carte marine no. 1312 - Lac St-Pierre*. Pêches et Océans Canada

Service hydrographique du Canada, 2001. *Carte marine no. 1317 – Québec / Fleuve Saint-Laurent / Sault-au-Cochon à Québec*. Pêches et Océans Canada.

Shooner, G. et Associés, 1990. *Localisation des sites de reproduction des principales espèces de poissons du fleuve Saint-Laurent (Cornwall-Montmagny)*. Pour Pêches et Océans et Environnement Canada (Centre Saint-Laurent), 16 cartes.

SIGMA GÉOPHYSIQUE INC., 1989. *Levé de sismique réfraction de Saint-Michel-de-Bellechasse*.

Statistiques Canada, 2007. *Profil des communautés - Faits saillants pour la communauté de Saint-Michel-de-Bellechasse*. <http://www12.statcan.ca/>

Tourisme Québec, 2007. *Site touristique officiel du gouvernement du Québec*. <http://www.bonjourquebec.com/>

Troude, J-P, 2003. *Dragage d'entretien du port refuge de Saint-Laurent-de-l'île d'Orléans pour la période de 2002-2012. Réponse aux questions et commentaires du ministère de l'Environnement du Québec*. 3211-02-204. 32 p. + annexes