



**CARACTÉRISATION DE L'HABITAT DU POISSON AUX
SITES DE DÉPOSITION DE CAP-SAINT-IGNACE ET
POTENTIEL DU BANC DE BEAUJEU**

Rapport réalisé en collaboration avec
la Société des traversiers du Québec

Janvier 2014

**CARACTÉRISATION DE L'HABITAT DU POISSON AUX
SITES DE DÉPOSITION DE CAP-SAINT-IGNACE ET
POTENTIEL DU BANC DE BEAUJEU**

RAPPORT

Janvier 2014

RÉALISATION

Auteurs : Valérie Harvey et Andréanne Masson
Direction régionale de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches

Harvey, V., et A. Masson. 2014. *Caractérisation de l'habitat du poisson aux sites de déposition de Cap-Saint-Ignace et potentiel du bac de Beaujeu*. Québec : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction régionale de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, 15 p.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

ISBN 978-2-550-70825-4
© Gouvernement du Québec

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier toutes les personnes suivantes pour leur participation à cet inventaire et pour le professionnalisme démontré :

- M^{me} Manon Boudreault, M. Pierre-Yves Collin, M. François Hudon et M. Francis Moore de la Direction régionale de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches;
- M^{me} Sarah Aubin et M. Denis Fournier de la Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats.

Les auteurs désirent également remercier, pour leurs précieux commentaires :

- M^{me} Marie-Pier Renaud et M. Serge Tremblay de la Direction régionale de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches.

RÉSUMÉ

Le site de déposition de Cap-Saint-Ignace est situé dans un secteur correspondant à l'habitat préférentiel d'alevinage de l'esturgeon noir. Dans le but de répondre aux interrogations liées aux impacts potentiels de la déposition annuelle récurrente de sédiments dragués dans un secteur de l'habitat essentiel de l'esturgeon noir, la caractérisation de ce site de dépôt et d'un autre site potentiel situé à proximité a été réalisée à l'été 2013. La caractérisation du substrat, de la faune benthique ainsi que de l'abondance mensuelle d'esturgeons noirs présents aux deux sites a été réalisée. Les types de sédiments, la composition des invertébrés benthiques et le nombre d'esturgeons noirs capturés par unité d'effort ne varient pas entre les deux sites. Ce nombre augmente toutefois en septembre alors que les individus capturés sont significativement plus petits qu'au début de l'été. La déposition de sédiments dragués au site de Cap-Saint-Ignace n'affecte pas l'abondance d'esturgeons noirs fréquentant ce site. L'utilisation du site de déposition de Cap-Saint-Ignace semble donc appropriée et, considérant que l'utilisation du secteur par les esturgeons juvéniles augmente à la fin de l'été, la période préconisée par la Société des traversiers du Québec pour les travaux de dragage, soit à la mi-juin, est elle aussi appropriée.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux.....	VI
Liste des figures	VI
1 Introduction	1
1.1 Contexte	1
1.2 Impacts des dragages	1
2 Matériel et méthode	3
2.1 Site de déposition actuel	3
2.2 Nouveau site de déposition	4
2.3 Caractérisation du substrat.....	4
2.4 Échantillonnage de la faune invertébrée benthique	4
2.5 Échantillonnage de la faune ichtyologique	5
3 Résultats	6
3.1 Substrat	6
3.2 Faune invertébrée benthique.....	6
3.3 Faune ichtyologique	7
4 Discussion	9
5 Recommandations	12
Références bibliographiques	13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Classification des sols en fonction du diamètre des particules	4
Tableau 2.	Proportion moyenne occupée par chacune des classes d'invertébrés dans les stations d'échantillonnage benthique situées dans la zone de déposition actuelle de Cap-Saint-Ignace, dans la zone de déposition potentielle à l'étude et pour l'ensemble des zones	6

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Estuaire du Saint-Laurent et aire d'étude	3
Figure 2.	Stations d'échantillonnage du substrat, de benthos et de poissons dans le site de déposition de Cap-Saint-Ignace et le site potentiel	5
Figure 3.	Types de a) substrats et b) classes d'invertébrés dominants et sous-dominants dans les stations d'échantillonnage du site de déposition de Cap-Saint-Ignace et du site potentiel ...	8
Figure 4.	Nombre de poissons capturés par unité d'effort calculé entre mai et septembre dans la zone de déposition actuelle de Cap-Saint-Ignace et dans la zone de déposition potentielle à l'étude ainsi que pour l'esturgeon noir dans les deux zones.....	8
Figure 5.	Longueur moyenne des esturgeons noirs capturés entre juin et septembre dans la zone de déposition de Cap-Saint-Ignace et la zone potentielle	9

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

D'avril à décembre, la Société des traversiers du Québec (STQ) assure un service de liaison entre le quai de Montmagny et celui de L'Isle-aux-Grues. La sédimentation naturelle réduit toutefois les profondeurs d'eau dans l'approche du quai de L'Isle-aux-Grues, restreignant ainsi l'accès au quai du traversier. Cette sédimentation rend nécessaires les opérations de dragage d'entretien afin de maintenir le passage navigable, d'assurer la sécurité du traversier et des passagers et de faciliter l'approvisionnement des résidents de l'île. Chaque année depuis 2001, la STQ fait donc exécuter des travaux de dragage aux environs de l'embarcadère de L'Isle-aux-Grues pour rendre possible le passage du traversier et ainsi d'être en mesure de s'acquitter de sa mission.

Chaque année, 4 500 m³ de sédiments situés à des profondeurs jusqu'au niveau -3.000 et répartis sur une superficie de 4 800 m² sont extraits lors de ces travaux de dragage (STQ, communication personnelle). Les sédiments prélevés, exempts de contaminant (Genivar, 2013), sont par la suite acheminés au site de mise en dépôt de Cap-Saint-Ignace. Ce site est situé en eau libre à 2,5 km en aval du quai de L'Isle-aux-Grues.

1.2 Impacts des dragages

La mise en dépôt en eau libre des sédiments de dragage est une pratique couramment privilégiée pour disposer du matériel excavé non contaminé. Cette pratique peut toutefois avoir un impact sur le milieu touché. En plus d'augmenter la turbidité, la déposition des sédiments relâchés peut modifier la composition et le relief du substrat. Dans les sites de dépôt dispersifs où l'action des marées et des courants peut favoriser la remise en suspension des sédiments de même que leur dispersion vers l'aval, l'impact de la déposition des sédiments de dragage peut s'étendre bien au-delà de la zone de déposition. Cet impact dépend toutefois de la récurrence à laquelle les sites de déposition sont utilisés. En effet, l'utilisation du site de dépôt situé au sud de l'île Madame, où, entre 1971 et 2001, 20 000 m³ de sédiments dragués de la voie maritime du Saint-Laurent ont été déposés chaque année, a mené à la formation de dunes s'étalant sur 12,5 km dans les habitats situés en aval du site de déposition (Drapeau et coll., 2003). Ainsi, si aucune modification n'est observée sur les sites expérimentaux, il n'est pas dit qu'aucune modification du milieu en aval de ceux-ci ne sera observée.

Le dépôt des sédiments de dragage peut aussi modifier la composition et l'abondance des communautés fauniques. Cet impact peut être direct, en causant la mort des invertébrés présents sur le substrat des sites de dépôt après leur enfouissement (Zimmerman et coll., 2003). Il peut aussi être indirect, en modifiant la diversité des organismes à la suite d'une altération de la structure et de la composition du substrat. Dans le cas, par exemple, où les sédiments dragués ont une teneur élevée en matière organique, ceux-ci peuvent servir de source de nourriture pour les organismes benthiques et entraîner une augmentation des espèces d'invertébrés opportunistes, tels les vers, sur le lieu d'immersion. La disponibilité de nourriture pour de nombreuses espèces ichtyologiques benthophages peut ainsi en être affectée (Munro, 2000; Drapeau et coll., 2003; Nellis et coll., 2007; Hatin et coll., 2007a).

La déposition des sédiments de dragage peut donc avoir des répercussions sur tout le réseau trophique, en modifiant la disponibilité des ressources et le cycle des éléments nutritifs dans les réseaux trophiques. Les effets de la mise en dépôt des sédiments sur l'abondance et la diversité des espèces présentes dans les communautés qui occupent les niveaux trophiques supérieurs ne se limitent cependant pas à la modification de la quantité de nourriture présente. En plus d'affecter les branchies des poissons, l'augmentation de la quantité de matière en suspension dans l'eau peut rendre les poissons plus vulnérables à la prédation et modifier leurs patrons de déplacement (Newcombe et Jensen, 1996; Servizi et Martens, 1992). Les poissons peuvent délaisser les habitats touchés au profit d'habitats moins optimaux (Hatin et coll., 2007a). En modifiant les ressources

présentes et les comportements des individus, la déposition en eau libre des sédiments dragués peut ainsi nuire à l'alimentation, la reproduction et la survie des individus et, éventuellement, à la pérennité des populations touchées.

Par leur mode de vie benthique, les esturgeons sont particulièrement vulnérables aux perturbations qui touchent le substrat des habitats qu'ils fréquentent. Parmi les activités anthropiques susceptibles de causer la modification physique ou chimique de leur habitat, le dragage et la remise en eau libre des sédiments dragués figurent parmi les menaces les plus importantes pouvant affecter l'écologie et la survie de la population (Dubé, 2013). Il a été démontré que les esturgeons noirs évitent les habitats qu'ils utilisent habituellement au moment où des opérations de dragage sont réalisées (Hatin et coll., 2007a). Les dragages intensifs réalisés dans la voie maritime du Saint-Laurent, au cours des dernières décennies, ont causé des pertes d'habitat importantes pour l'esturgeon jaune (Edwards et coll., 1989). Dans certaines rivières, l'abondance de larves d'esturgeons a diminué de près de 75 % à la suite des opérations de dragage (Veshchev, 1981).

En mai 2011, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada a désigné la population d'esturgeons noirs du Saint-Laurent (*Acipenser oxyrinchus*) comme étant menacée (COSEPA, 2011). Une démarche scientifique visant à évaluer son potentiel de rétablissement a été mise en place dans le cadre des processus reliés à la Loi sur les espèces en péril du Canada. Lors de cet exercice, il a été établi qu'il était essentiel de trouver des mesures d'atténuation et des solutions de rechange aux activités perturbant l'habitat de la population afin de favoriser son rétablissement (Dubé, 2013). Dans cette optique, l'évaluation de l'impact du dragage et des sites de dépôt actuellement utilisés dans l'habitat des juvéniles, la recherche d'autres sites pour le dépôt des sédiments de dragage et l'examen de la possibilité de gérer différemment les sédiments de dragage, notamment par l'ajout de sites de dépôt en milieu terrestre, ont été ciblées comme étant des actions essentielles et prioritaires.

Le site de déposition de Cap-Saint-Ignace est situé dans l'estuaire moyen du fleuve Saint-Laurent, dans le secteur de l'archipel des îles de Montmagny. Les conditions qui prévalent dans ce secteur favorisent le développement et la rétention d'organismes zooplanctoniques benthiques tels que les gammaridés et les oligochètes, les proies de prédilection de l'esturgeon noir (Guilbard et coll., 2007). Ce secteur est un habitat d'alimentation potentiel important pour l'espèce, principalement pour les juvéniles. Une salinité de l'eau inférieure à 2,5 ‰ et des profondeurs variant de 4 à 6 m représentent les caractéristiques pour l'habitat préférentiel des alevins de l'esturgeon noir (Hatin et coll., 2007b). Le suivi télémétrique d'individus a par ailleurs démontré que deux aires d'alimentation d'importance pour les esturgeons noirs de moins de deux ans seraient présentes entre L'Île-d'Orléans et Cap-Saint-Ignace (Hatin et coll., 2002). Les connaissances quant à l'importance de ce secteur pour l'ensemble de la population d'esturgeons et la remise à l'eau de sédiments dragués à cet endroit sont fragmentaires et peu détaillées. Dans ce contexte, et considérant la situation précaire des esturgeons noirs du fleuve Saint-Laurent, il s'avère nécessaire de documenter l'utilisation par cette espèce du site de dépôt de Cap-Saint-Ignace ou de trouver un autre site.

Des démarches en ce sens sont en cours depuis 2001. Les différents intervenants impliqués au dossier, à savoir la STQ, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, ont d'abord examiné la possibilité de privilégier la déposition des sédiments en milieu terrestre, le rejet en continu des sédiments dragués et la modification des infrastructures existantes à titre de solutions de remplacement au rejet des sédiments en eau libre. Ces méthodes n'ont toutefois pas été retenues étant donné leur coût, leur faisabilité et leurs répercussions possibles sur la faune et l'environnement. Il a alors été suggéré de caractériser l'habitat du poisson de la zone actuelle de déposition (Procean, 2007) et de trouver une nouvelle zone située à l'extérieur de l'habitat préférentiel des esturgeons noirs juvéniles qui pourrait servir à la déposition des sédiments dragués. Au printemps 2013, une entente a été signée entre la STQ et la Direction régionale de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches afin qu'une caractérisation de l'habitat du poisson de la zone actuelle et de la zone potentielle soit réalisée.

Afin de répondre aux objectifs, la présente étude vise à décrire la diversité faunique présente dans la zone de dépôt actuelle, puis à déterminer et caractériser une zone de dépôt potentielle pouvant être utilisée dans le cas où la zone actuelle s'avérerait être un habitat altéré et non fréquenté par les esturgeons noirs juvéniles.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 Site de déposition actuel

La zone de déposition de Cap-Saint-Ignace est située dans l'estuaire moyen du fleuve Saint-Laurent (figure 1), à 3 km au large de Cap-Saint-Ignace et à une distance de 2,5 km du quai de L'Isle-aux-Grues. La rencontre des masses d'eau douce et d'eau salée dans ce secteur de l'estuaire, l'action des marées ainsi que les courants de la masse d'eau qui peuvent atteindre une vitesse de 1,4 m/s (2,72 nœuds) contribuent au brassage des sédiments et au maintien de matières en suspension. Celles-ci peuvent atteindre des valeurs de 400 mg/L, créant ainsi une zone de forte turbidité (Gagnon et coll. 1998). La salinité de ce secteur varie entre 0,2 et 25 ppm (Vincent et Dodson, 1999). Au sud de l'archipel des îles de Montmagny, à l'exception du chenal sud où les profondeurs peuvent être supérieures à 10 m, l'estuaire est peu profond et est caractérisé par un substrat argileux de moins de 5 m et des hauts-fonds de moins de 2 m. Dans ce secteur, l'amplitude des marées varie entre 4 et 6 m. D'une superficie de 0,81 km², la zone de déposition actuelle atteint des profondeurs de 5 m.

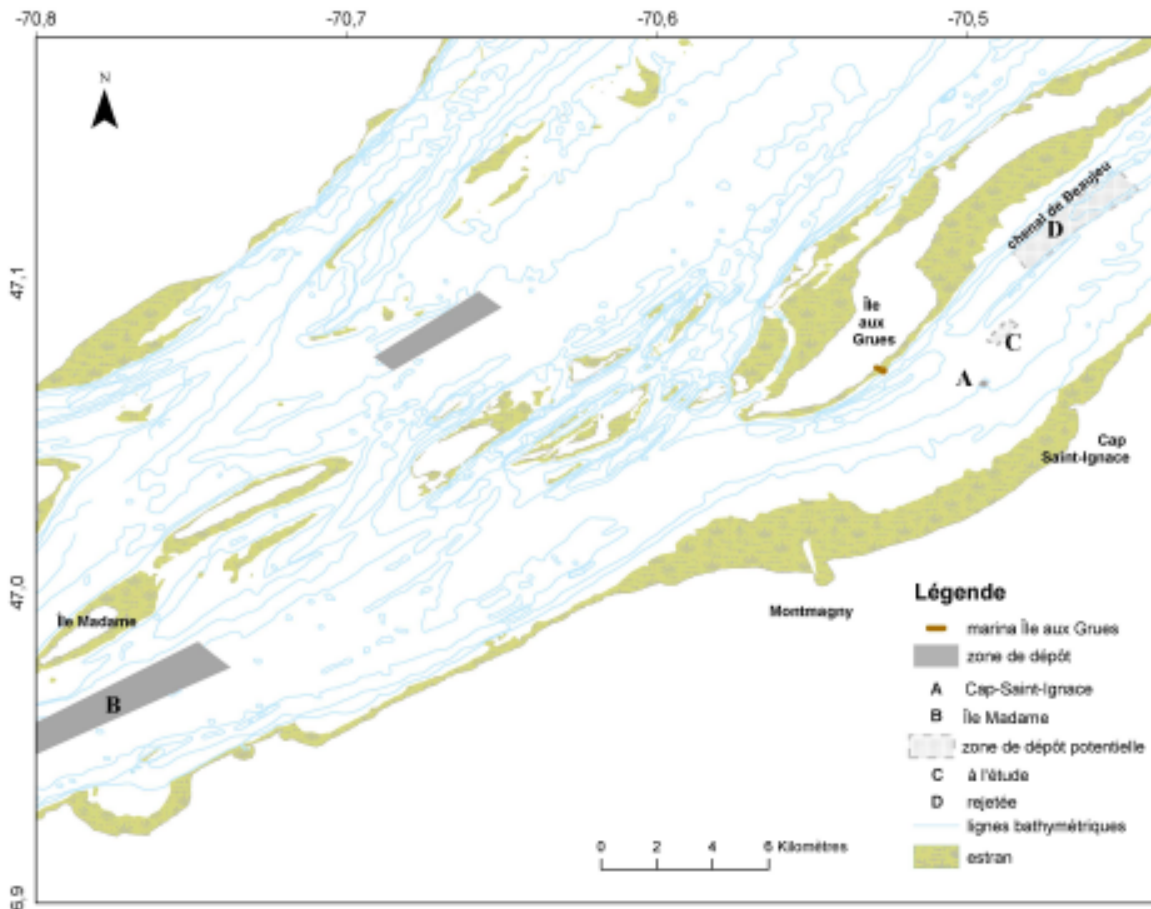


Figure 1. Estuaire du Saint-Laurent et aire d'étude

2.2 Nouveau site de déposition

La première zone de dépôt potentielle identifiée était située dans le chenal de Beaujeu, à 6 km en aval du quai de L'Isle-aux-Grues. Cette zone avait une superficie de 4 km² et se trouvait à plus de 10 m de profondeur. Après validation auprès de la Garde côtière canadienne, la zone proposée n'a toutefois pas été retenue, car la déposition de sédiments dragués dans un chenal utilisé pour la navigation pourrait compromettre la sécurité du trafic maritime.

Une seconde zone a donc été identifiée au sud du banc de Beaujeu. À cet endroit, la profondeur est de plus ou moins 9,5 m, soit en deçà de celle favorisée par les esturgeons noirs juvéniles. Cette zone a une superficie de 2,7 km² répartie sur 900 m de long par 300 m de large. Située à 2,8 km du quai de L'Isle-aux-Grues, elle est facile d'accès et son utilisation, à titre de zone de déposition, ne compromettrait pas la réalisation des travaux de dragage. La caractérisation complète de ce secteur a donc été réalisée afin d'évaluer avec justesse son potentiel à titre de zone de déposition et d'être en mesure de formuler des recommandations éclairées quant à son utilisation.

2.3 Caractérisation du substrat

Afin de caractériser la composition du substrat sur l'ensemble des zones à caractériser, des prélèvements ont été effectués à l'aide d'une benne Shipeck, selon un plan de sondage systématique (figure 2). L'échantillonnage a été fait une seule fois par zone, soit le 19 juin pour la zone de déposition potentielle et le 22 juin dans le cas de la zone de déposition actuelle. Au total, neuf stations ont été échantillonnées dans la zone de déposition actuelle et vingt-sept dans la zone de déposition potentielle. Un seul échantillon a été prélevé à chacune des stations. La surface prélevée par la benne utilisée était de 0,4 m². À l'exception de cinq prélèvements faits dans la zone de déposition potentielle lorsque la marée était montante, l'ensemble des stations a été échantillonné lorsque la marée était à l'étape, suivant la marée haute, afin de maximiser le prélèvement et de minimiser les erreurs de précision pouvant être causées par les courants.

Les types de substrats dominants et sous-dominants présents dans chacun des échantillons ont été identifiés selon la classification granulométrique du Système canadien de classification des sols (SCCS, 1987; tableau 1). La proportion occupée par chaque substrat dans les stations a été comparée visuellement. Une analyse de variance (anova) a été réalisée afin de déterminer si la proportion moyenne occupée par chaque type de substrat diffère significativement entre les deux zones.

Tableau 1. Classification des sols en fonction du diamètre des particules

Classe	Diamètres des particules (m)
argile	0,1 - 2,0
limon	2,0 - 50
sable	50 - 2 000
gravier	2 000 - 6 400
cailloux	6 400 - 25 600
pierres	< 25 600

2.4 Échantillonnage de la faune invertébrée benthique

Outre la définition du type de substrat présent, les échantillons recueillis ont aussi permis de déterminer la présence et l'abondance d'invertébrés benthiques s'y trouvant. Les échantillons prélevés ont été tamisés à l'aide d'un chapelet de six tamis (mailles de 4 750 µm, 4 000 µm,

2 360 μm , 1 000 μm , 600 μm et 250 μm) afin d'isoler les organismes. Seuls les résidus obtenus à l'aide des tamis de 1 000 μm et 600 μm ont été préservés dans l'éthanol 95 % avant d'être analysés en laboratoire. Étant donné la grande quantité d'invertébrés pouvant se retrouver dans un même échantillon, le contenu d'un échantillon de substrat sur deux a été analysé pour déterminer la présence et l'abondance d'invertébrés benthiques. Au total, cinq stations ont été analysées pour la zone de dépôt actuelle et quatorze pour la zone à l'étude (figure 2). La détermination au plus petit taxon possible a été effectuée selon le *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés d'eau douce du Québec* (MDDEP, 2006) et selon *Les animaux du littoral du Saint-Laurent, Guide d'identification* (Bourget, 1997).

2.5 Échantillonnage de la faune ichthyologique

Des filets maillants multifilaments ont été utilisés pour échantillonner la faune ichthyologique et documenter la présence d'esturgeons noirs juvéniles dans les zones étudiées. Ces filets ont une longueur totale de 23 m et une hauteur de 1,8 m. Chaque filet est fait de six panneaux aux différentes tailles de mailles, celles-ci variant entre 25 et 76 mm. Pour cette étude, les panneaux ont été montés de façon aléatoire, donnant l'ordre suivant : 31 mm, 50 mm, 38 mm, 76 mm, 25 mm et 63 mm. Les filets ont été assemblés deux à deux de façon aléatoire, de manière à ce que la séquence des mailles composant le double filet ainsi créé ne soit pas toujours la même, et ce, afin d'augmenter la probabilité de capture à chaque station d'échantillonnage.

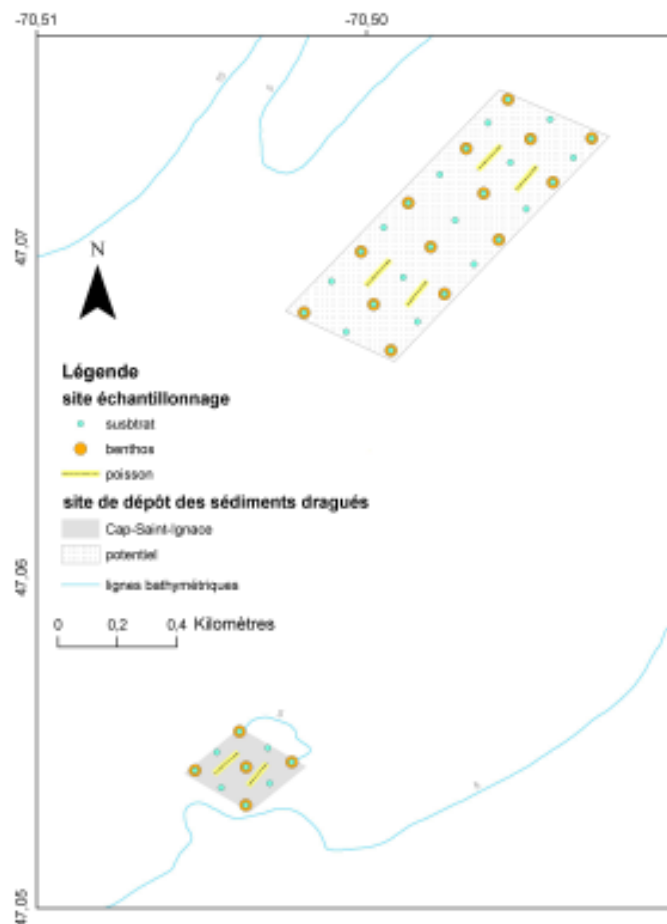


Figure 2. Stations d'échantillonnage du substrat, de benthos et de poissons dans le site de dépôt de Cap-Saint-Ignace et le site potentiel

L'échantillonnage de la zone de déposition actuelle a été réalisé à l'aide de filets disposés parallèlement au sens du courant. Deux et quatre filets ont respectivement été utilisés pour échantillonner la zone actuelle et la zone potentielle. Les filets étaient installés à marée haute et relevés 24 heures plus tard. L'échantillonnage a été fait une fois par mois entre juin et septembre inclusivement. Un échantillonnage supplémentaire a été réalisé en mai dans la zone de déposition actuelle, soit avant que les sédiments dragués de la marina de L'Isle-aux-Grues n'y soient déposés. Les poissons capturés ont été identifiés et mesurés avant d'être remis à l'eau.

Le nombre total de spécimens et le nombre d'esturgeons noirs capturés par filet par mois ont été déterminés. Afin de minimiser les biais causés par le fait que les filets étaient laissés à l'eau pour des périodes de temps pouvant varier, le nombre de spécimens capturés a été ramené à une période de 24 heures. Une analyse linéaire mixte a permis de déterminer les facteurs (mois, zone d'échantillonnage) qui influent sur le nombre de poissons et d'esturgeons capturés par unité d'effort. La longueur totale des esturgeons pêchés dans chacune des zones a été comparée à l'aide d'une analyse linéaire généralisée.

3 RÉSULTATS

3.1 Substrat

L'argile est le principal substrat présent sur les sites étudiés. Ce type de sédiment se retrouve dans 60 % des échantillons prélevés, desquels il constitue entre 55 % et 95 % (moyenne \pm écart-type = 80 ± 10 %) de l'ensemble des sédiments. La composition de ces échantillons est complétée par la présence de limon, de gravier ou de sable. Toutefois, alors que le limon constitue le sédiment sous-dominant retrouvé dans 75 % de ces échantillons localisés dans la zone de dépôt potentielle, le gravier et le sable complètent la composition de 86 % des échantillons principalement composés d'argile prélevés dans la zone de dépôt actuelle. Sept échantillons prélevés de la zone de dépôt potentielle sont majoritairement constitués de limon et de sable. Sept sites d'échantillonnage, dont un seul est localisé dans la zone de dépôt actuelle, étaient situés sur la roche-mère (figure 3a).

3.2 Faune invertébrée benthique

Au total, 613 invertébrés ont été prélevés des échantillons de substrat analysés. Les échinidés (46 %), les hydrozoaires (35 %) et les gastéropodes (8 %) sont les classes les plus abondantes. La diversité des spécimens est semblable pour les deux zones à l'étude (tableau 1). Le nombre moyen d'invertébrés recensés par échantillon n'est pas significativement différent entre les zones ($F_{1,34} = 0,21$, $p = 0,65$). Il est toutefois plus variable dans la zone de dépôt actuelle ($58,6 \pm 79,6$), où toute la faune benthique échantillonnée est regroupée dans deux des six stations analysées, qu'il ne l'est dans la zone de déposition potentielle ($25,1 \pm 18,7$), où la totalité des invertébrés prélevés est répartie plus uniformément parmi l'ensemble des stations échantillonnées (figure 3b, distribution spatiale ArcGIS).

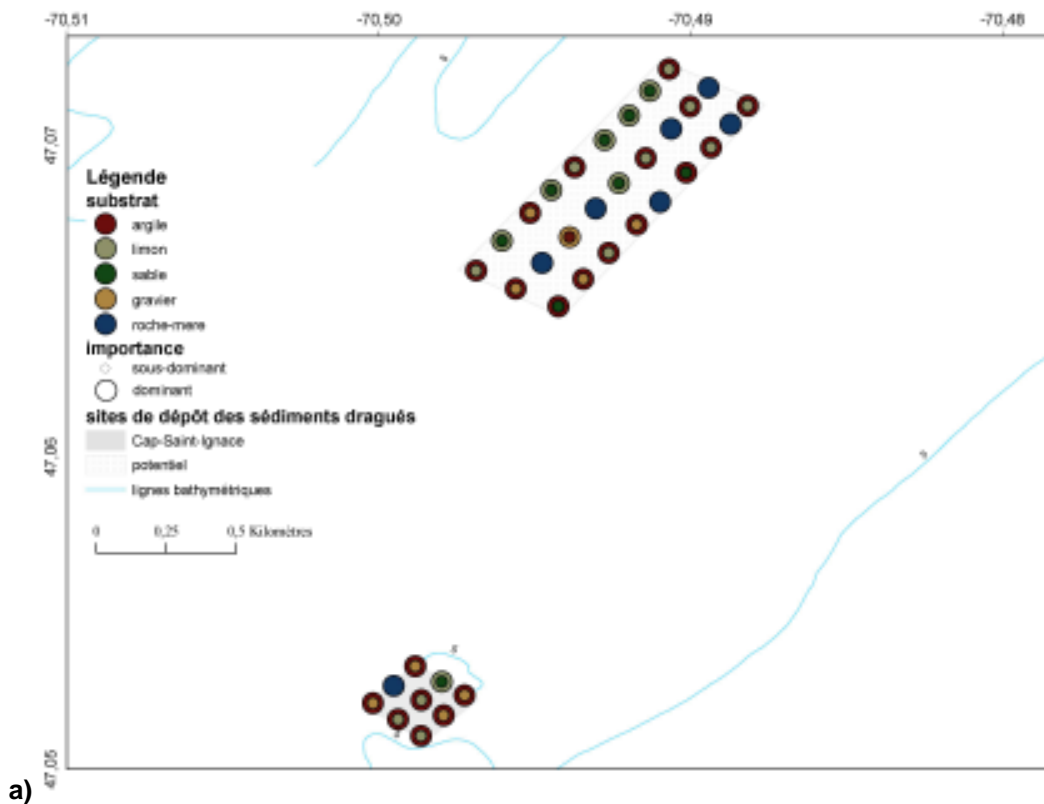
Tableau 2. Proportion moyenne occupée par chacune des classes d'invertébrés dans les stations d'échantillonnage benthique situées dans la zone de déposition actuelle de Cap-Saint-Ignace, dans la zone de déposition potentielle à l'étude et pour l'ensemble des zones

zone	Classe								
	Echinides	Hydrozoaires	Gastéropodes	Pélécyropodes	Insectes	Actinopterygii	Malacostracés	Copépodes	Bryozoaires
actuelle	50,9	37,2	4,8	5,8	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0
potentielle	48,3	29,9	8,5	4,0	6,5	0,5	1,2	0,7	< 1
totale	49,4	32,9	6,9	4,7	4,0	0,6	0,7	0,4	< 1

Les classes d'invertébrés dominantes dans les stations varient en fonction de la composition du substrat. Les insectes représentent 70 % des invertébrés prélevés sur la roche-mère, les échinidés et les hydrozoaires dominent les échantillons principalement composés d'argile, tandis que les gastéropodes et les hydrozoaires constituent les principaux invertébrés retrouvés dans les échantillons principalement composés de limon.

3.3 Faune ichthyologique

Au total, 47,4 jours de pêche ont été accomplis, soit 19,3 jours dans la zone de déposition actuelle et 28,1 jours dans la zone de déposition potentielle. En moyenne, les filets étaient laissés $21,9 \pm 4,6$ heures dans l'eau. En somme, 246 poissons (126 dans la zone actuelle et 120 dans la zone potentielle) ont été prélevés; un seul filet n'a capturé aucun poisson. Huit espèces différentes ont été capturées (tableau 1). Le doré noir, l'esturgeon noir et le meunier rouge sont les principales espèces prises dans les deux zones. Elles représentent près de 90 % de l'ensemble des prises totales (tableau 1). En moyenne, $5,0 \pm 3,4$ poissons ont été capturés par unité d'effort. Le nombre de prises par unité d'effort (PUE) mensuel varie différemment entre les zones ($F_{3,43} = 4,95$, $p < 0,01$). Dans la zone actuelle, les PUE de juin sont significativement plus élevées que les PUE de mai. Elles diminuent toutefois en juillet, puis augmentent graduellement pour atteindre, en septembre, une valeur similaire à celle observée en juin. Dans la zone de déposition potentielle, les PUE calculées en juin sont aussi similaires aux PUE de septembre. Les PUE ne varient pas en juillet et en août, alors que les valeurs sont inférieures à celles observées les autres mois de l'été. Les PUE de la zone de déposition actuelle sont plus élevées que les PUE de la zone de déposition potentielle, sauf en juillet où le nombre est identique pour les deux zones (figure 4).



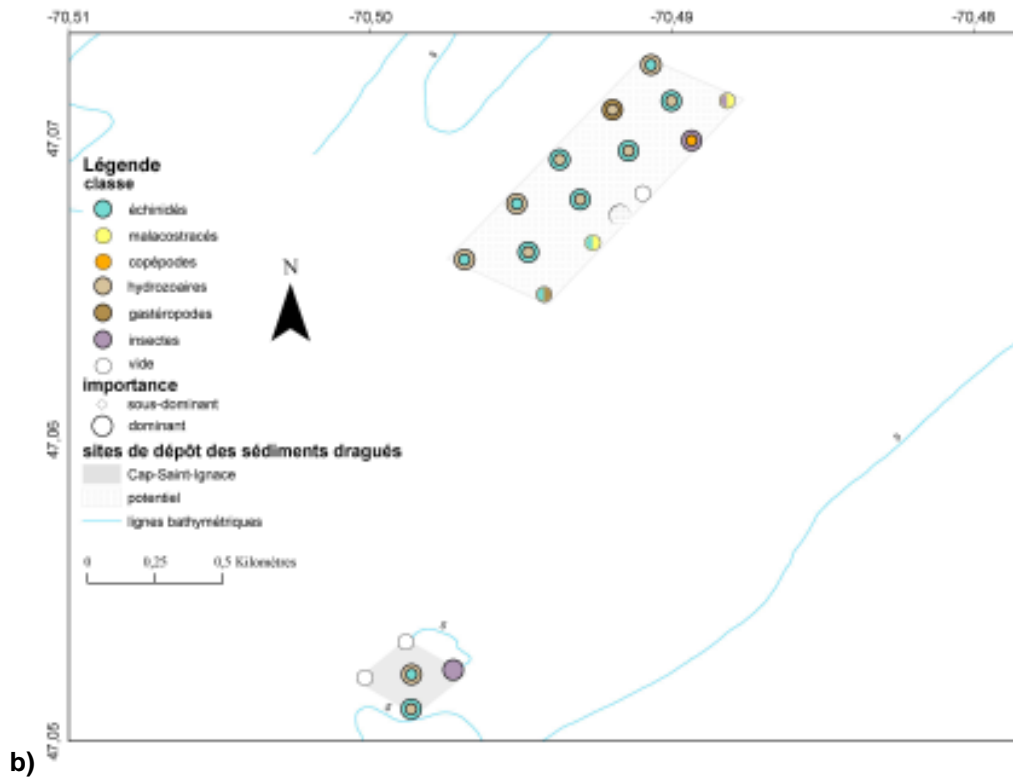


Figure 3. Types de a) substrats et b) classes d'invertébrés dominants et sous-dominants dans les stations d'échantillonnage du site de dépôt de Cap-Saint-Ignace et du site potentiel

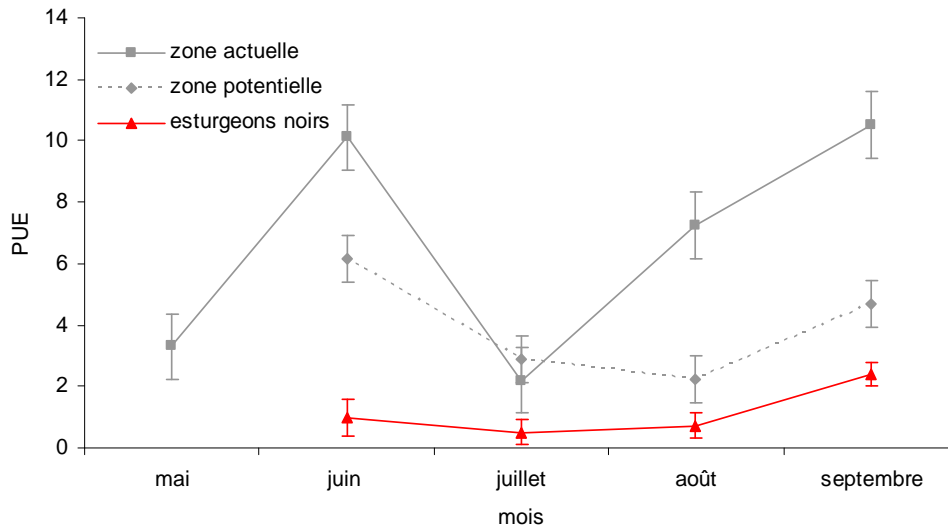


Figure 4. Nombre de poissons capturés par unité d'effort calculé entre mai et septembre dans la zone de dépôt actuelle de Cap-Saint-Ignace et dans la zone de dépôt potentielle à l'étude ainsi que pour l'esturgeon noir dans les deux zones

Au total, 53 esturgeons noirs ont été pêchés dans les deux zones à l'étude, dont 22 dans la zone de dépôt actuelle. Le nombre d'esturgeons noirs prélevés par unité de capture ($1,06 \pm 1,45$) est le même pour les deux zones ($F_{1,46} = 0,89$, $p = 0,3$). Il est toutefois significativement plus élevé en septembre comparativement aux mois précédents ($F_{4,46} = 5,23$, $p < 0,01$). Les esturgeons, d'une longueur totale moyenne de $387,61 \pm 197,5$ mm, sont significativement plus petits dans la zone de dépôt actuelle ($572,92 \pm 67,19$) que dans la zone potentielle ($775,3 \pm 58,7$; $F_{1,45} = 6,12$, $p = 0,017$). La longueur totale des spécimens tend aussi à varier selon les mois ($F_{3,45} = 2,73$, $p = 0,05$), alors que les esturgeons pêchés en septembre sont plus petits que ceux de juin (figure 5).

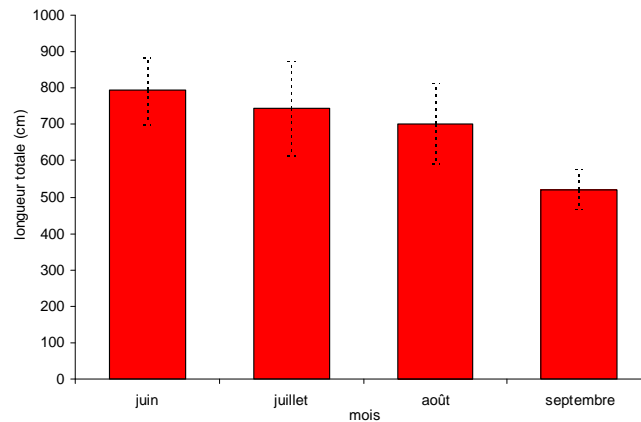


Figure 5. Longueur moyenne des esturgeons noirs capturés entre juin et septembre dans la zone de déposition de Cap-Saint-Ignace et la zone potentielle

4 DISCUSSION

La caractérisation de la zone de déposition de Cap-Saint-Ignace et d'une zone de déposition potentielle adjacente à celle-ci a démontré que ces deux secteurs ont des substrats semblables où profilèrent des communautés d'invertébrés benthiques similaires. De même, les populations de poissons s'alimentant de cette faune benthique sont semblables d'un site à l'autre et ne varient pas après le dépôt de sédiments de dragage. Ceci suggère que le largage des sédiments dans la colonne d'eau a peu d'impact sur la fréquentation des deux zones de déposition par les communautés aquatiques, dont l'esturgeon noir.

Les sédiments dragués au pourtour du quai de L'Isle-aux-Grues, composés de limon et de sable, sont de même nature que ceux majoritairement présents dans les zones de déposition actuelle et potentielle (Genivar, 2013). Leur ajout au site de déposition actuel n'altère donc pas la nature et la composition du substrat et, conséquemment, la composition de la communauté d'invertébrés benthiques qu'il peut soutenir, atténuant ainsi l'impact possible de cette activité anthropique, comme il a préalablement été démontré (OSPAR, 2008). On estime que près de 95 % des sédiments dragués se déposent directement au fond lorsqu'ils sont relâchés et que l'impact de la déposition en eau libre des sédiments dragués est généralement localisé et perceptible à moins de 5 km du site de déposition (OSPAR, 2008). Dans le cas de la zone de déposition de Cap-Saint-Ignace, cette proportion fluctue peu entre les années et a été estimée à 91,7 % pour 2013, suggérant que le site n'est pas dispersif, du moins, à court terme (Genivar, 2013). La profondeur de la zone de déposition diminue par ailleurs après la déposition des sédiments dragués (Genivar, 2013). La comparaison visuelle du profil bathymétrique de la zone de déposition avant la déposition des sédiments dragués cette année à celui fait préalablement au dragage de 2012 montre toutefois que les profondeurs de la zone de déposition sont sensiblement les mêmes avant ces deux épisodes de dragage (Genivar, 2012; Genivar, 2013). Un an après leur déposition, les sédiments dragués ne semblent plus présents sur la zone de déposition. Cette observation est par ailleurs conforme aux observations de Nellis et ses collaborateurs (2007) qui avaient estimé qu'une année était nécessaire pour

que les sédiments déposés au site de l'île Madame soient totalement déportés vers l'aval. Deux stations d'échantillonnage présentes dans la zone de Cap-Saint-Ignace se situaient sur la roche-mère, et ce, moins de deux semaines après que des sédiments dragués y aient été déposés, suggérant que le lessivage des sédiments, à cet endroit, peut être très rapide ou que la zone de déposition n'est pas utilisée uniformément pour le dépôt des sédiments dragués et que peu de sédiments sont déposés dans la partie nord de celle-ci.

La zone de déposition de Cap-Saint-Ignace est relativement petite. Malgré son utilisation annuelle récurrente qui suppose qu'une importante quantité de sédiments y a été déposée dans les dernières décennies et y est désormais présente, le phénomène de brassage des eaux causé par les courants et les marées dans ce secteur est important et peut ainsi lessiver graduellement les sédiments, puis les déporter dans les habitats situés en aval, où leur impact peut aussi être considérable. Un tel impact a été observé dans le secteur localisé en aval du site de déposition de l'île Madame, zone située à 28,5 km en amont du site de déposition de Cap-Saint-Ignace. La dispersion des sédiments de dragage dans ce secteur a mené à la formation de dunes s'étalant sur plus de 12 km, altérant ce secteur de manière importante (Hatin et coll., 2007a). La caractérisation des habitats situés en aval du site de déposition de Cap-Saint-Ignace n'a pas été réalisée. La quantité de sédiments dragués à la marina de L'Isle-aux-Grues est toutefois moindre que celle déposée au site de l'île Madame. Il est donc plausible de penser que l'impact de l'utilisation du site de Cap-Saint-Ignace sur les habitats situés en aval est moindre que ce qui a été observé à l'île Madame. L'étude de l'hydrographie et de l'accumulation des sédiments dans ce secteur serait toutefois nécessaire afin de valider cette hypothèse. Par ailleurs, les méthodes d'échantillonnage ont dû être ajustées en fonction des forts courants présents dans le secteur à l'étude afin de maximiser la collecte de données. Des ancres plus lourdes ont été utilisées à partir d'août pour éviter que les filets dérivent ou s'entremêlent. Cela s'est produit à deux reprises, en juin, puis en juillet. Le nombre d'individus capturés par ces filets est donc possiblement sous-estimé par le fait que l'effort de capture n'était pas maximal.

Dans le but d'étudier l'effet des sédiments de dragage sur l'esturgeon noir et son habitat, une campagne de chalutage et un relevé acoustique ont été effectués entre L'Île-d'Orléans et la pointe est de L'Isle-aux-Grues au début des années 2000 (Caron et coll., 2001; Fournier, 2002). Cette campagne d'échantillonnage avait permis de recenser l'ensemble des espèces de poissons présentes dans cette partie de l'estuaire au début et à la fin de l'été, soit en juin et en septembre. Les espèces capturées lors de la présente caractérisation sont les mêmes que celles pêchées au début des années 2000. Bien que nos analyses aient révélé que les poissons sont plus abondants en septembre qu'en juillet ou en août, le nombre de captures en septembre n'est pas significativement plus élevé que celui estimé en juin, comme l'ont démontré Caron et ses collaborateurs (2001) au début des années 2000. Les différences relatives à la sélectivité des engins de pêche empêchent toutefois de comparer les estimations d'abondance entre les deux périodes de capture. Généralement, comme l'ont observé McQuinn et Nellis (2007), le nombre de captures par unité d'effort est plus élevé dans la partie sud de l'aire d'étude, soit dans la zone de déposition actuelle, qu'il ne l'est dans la zone de déposition potentielle, suggérant que ce secteur est moins fréquenté ou moins utilisé par l'ensemble de la communauté ichthyologique. À cet effet, les variations mensuelles observées suggèrent que la déposition de sédiments au site de Cap-Saint-Ignace a peu d'impact sur l'utilisation de ce secteur par la communauté ichthyologique.

La communauté d'esturgeons noirs varie aussi temporellement, alors qu'un plus grand nombre d'individus est présent en septembre et que ceux-ci sont plus petits lors de cette période, comparativement aux individus capturés les mois précédents. Caron et ses collaborateurs (2001) avaient aussi observé que les esturgeons noirs se concentraient davantage dans cette partie de l'estuaire à la fin qu'au début de l'été. L'augmentation de petits esturgeons pêchés en septembre peut expliquer la variation d'abondance. Alors qu'aucun individu de moins de 350 mm n'a été capturé au cours des premiers échantillonnages, le tiers des individus capturés en septembre mesuraient moins de 200 mm. Ces individus sont vraisemblablement des jeunes de l'année. Trois sites de fraie potentiels ont été recensés entre Trois-Rivières et Québec, plus précisément dans les rapides de Richelieu, à Saint-Antoine-de-Tilly et à l'embouchure de la rivière Chaudière (Hatin et coll., 2002). Après leur éclosion, les larves dévalent vers le secteur de l'estuaire situé entre la pointe est de L'Île-d'Orléans et Cap-Saint-Ignace, reconnu comme étant une aire d'alimentation des juvéniles (Hatin et coll., 2007b). Il est par ailleurs possible que les

juvéniles atteignent ce secteur seulement à la fin de l'été, faisant en sorte qu'ils sont absents des échantillonnages réalisés plus tôt en saison. De même, les esturgeons noirs sont grégaires et semblent vraisemblablement se distribuer en banc. Conformément à ce que McQuinn et Nellis (2007) ont démontré, il est aussi possible que l'échantillonnage réalisé n'ait pas permis d'échantillonner les regroupements d'individus présents dans la zone de déposition potentielle.

Les esturgeons capturés dans la zone de déposition de Cap-Saint-Ignace sont généralement plus petits que ceux capturés dans la zone de déposition potentielle. La profondeur de la zone de déposition de Cap-Saint-Ignace correspond davantage à la profondeur des habitats recherchés par les esturgeons de l'année que la zone de déposition potentielle située à plus de 10 m de profondeur (Hatin et coll., 2007b). Il n'est donc pas surprenant qu'un plus grand nombre de petits esturgeons se concentre dans la zone de déposition actuelle. L'analyse de contenus stomacaux a permis de déterminer que les gammaridés peuvent représenter jusqu'à 90 % de la diète des esturgeons de l'année (Guilbard et coll., 2007). La famille des gammaridés représente moins de 1 % de la faune benthique identifiée dans les échantillons de substrat analysés. Une quantité impressionnante de gammares a cependant été observée lors de la levée des filets utilisés pour l'échantillonnage de la faune ichtyologique. Les proies recherchées par les jeunes esturgeons de l'année semblent donc présentes dans le secteur étudié. La méthode préconisée pour échantillonner les communautés d'invertébrés benthiques s'est toutefois avérée inefficace pour quantifier leur abondance.

Contrairement à ce qui a été observé au site de déposition de l'île Madame où le nombre d'esturgeons noirs a diminué de manière importante après la déposition des sédiments (McQuinn et coll., 2007; Hatin et coll., 2007a), la présence d'esturgeons ne semble pas affectée par le dépôt de sédiments au site de Cap-Saint-Ignace. À l'été 2013, les travaux de dragage du quai de L'Isle-aux-Grues ont été réalisés à la mi-juin, soit deux semaines après que la zone de déposition ait été échantillonnée pour la première fois et deux semaines avant que l'inventaire de la faune ichtyologique n'y soit à nouveau réalisé. Ces échantillonnages ont permis d'obtenir des données sur la composition et l'abondance de la faune ichtyologique fréquentant ce secteur avant et après le dépôt de sédiments dragués et, donc, d'évaluer l'impact à court terme de cette perturbation sur la communauté ichtyologique. Le changement de la localisation de la zone de déposition potentielle a empêché un échantillonnage en mai et, donc, d'obtenir les données permettant de comparer l'abondance d'esturgeons présents dans les deux zones à l'étude à cette période de l'année. Les PUE d'esturgeons noirs ne varient toutefois pas entre les deux zones pour les autres mois de l'année, suggérant que la déposition de sédiments dragués n'affecte pas la fréquentation du secteur par les esturgeons noirs. Si une telle perturbation entraîne un évitement du secteur, les PUE trois fois plus élevées en juin qu'en mai suggèrent que l'impact n'est, du moins, plus perceptible deux semaines après le dépôt des sédiments dragués.

Conformément à ce qui a été observé lors des campagnes de chalutage des années 2000 (Caron et coll., 2001), aucun esturgeon noir mesurant entre 250 et 350 mm n'a été capturé lors de l'échantillonnage. De même, aucun esturgeon de cette classe de longueur n'a été pris dans les filets expérimentaux installés à l'extérieur des zones de déposition actuelle et potentielle. Lors des campagnes de chalutage réalisées au début des années 2000, l'absence de recrutement dans les années précédant l'échantillonnage avait été avancée pour expliquer la variabilité dans les classes d'âge observées dans les échantillonnages (Caron et coll., 2001). Le recrutement de l'esturgeon noir peut fluctuer de manière importante entre les années. Les données obtenues des pêches commerciales démontrent toutefois que des esturgeons de cette longueur, bien qu'en proportion moindre que les classes de longueur adjacentes, ont été capturés à proximité de l'aire d'étude (Guy Verreault, communication personnelle, 2013). Il est donc possible que le secteur d'étude ne soit pas fréquenté par les esturgeons appartenant à cette classe d'âge ou que les individus présents n'aient pas été capturés par notre dispositif expérimental.

La caractérisation effectuée a permis d'obtenir un portrait statique mensuel de la communauté ichtyologique fréquentant le secteur étudié. Les données récoltées ne permettent cependant pas de quantifier les patrons de résidence et l'utilisation qui est faite de ce secteur par les espèces ichtyologiques. Toutefois, la déposition des sédiments dragués au site de Cap-Saint-Ignace peut aussi avoir des effets sur la survie et la reproduction des espèces présentes dans le secteur, en affectant le comportement ou en modifiant les patrons de déplacement ou l'utilisation faite de l'habitat. Ces impacts

indirects, non négligeables, peuvent finalement affecter la survie et la reproduction des espèces qui y sont présentes, impacts qui peuvent être d'autant plus considérables dans le cas des populations au statut précaire, comme les esturgeons noirs. Considérant ces faits et les résultats de la caractérisation, il importe de prendre les dispositions nécessaires afin de minimiser l'impact de la déposition de sédiments sur l'esturgeon noir et son habitat. À la lumière des résultats obtenus, il est recommandé de considérer les points suivants lors de la planification du dépôt de sédiments dragués au site de déposition de Cap-Saint-Ignace.

5 RECOMMANDATIONS

Étant donné ce qui précède, le Secteur de la faune recommande à la STQ de conserver le site de Cap-Saint-Ignace comme site de déposition lors de ses opérations annuelles de dragage. De plus, puisque les esturgeons noirs de l'année arrivent dans le secteur de L'Isle-aux-Grues à la fin de l'été, soit vers les mois d'août et de septembre, le Secteur de la faune recommande à la STQ de poursuivre les opérations de dragage durant les premières semaines de juin. Par contre, il importe de continuer la caractérisation des sédiments afin qu'aucun contaminant ne soit libéré dans un secteur fréquenté par plusieurs populations de poissons.

Ces recommandations sont fondées sur les résultats obtenus au cours de l'échantillonnage réalisé à l'été 2013 et sont valides pour le type de dragage effectué ainsi que pour le site de déposition choisi. Toute modification au projet, dont la quantité et la qualité des sédiments dragués, nécessitera une nouvelle analyse. Par ailleurs, sachant que les populations de poissons au fleuve tendent à évoluer, une réévaluation de l'habitat sera de mise.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOURGET, E. 1997. *Les animaux littoraux du Saint-Laurent : guide d'identification*. Presses de l'Université Laval, Québec, 268 p.
- CARON, F., D. FOURNIER, P. NELLIS ET P.-Y. COLLIN. 2001. *Biodiversité ichthyologique à la rencontre de l'estuaire fluvial et moyen du Saint-Laurent en 2000*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune et Direction régionale de Chaudière-Appalaches, ministère des Pêches et des Océans du Canada, Direction régionale des océans et de l'environnement, 61 p.
- COSEPAC. 2011. *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon noir (Acipenser oxyrinchus) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, xiii + 56 p.
- DRAPEAU, G., J. MUNRO ET P. NELLIS. 2003. « Long term fate of dredged sediments at ile Madame dumping site (St. Lawrence estuary): a basic assessment ». *2nd international Symposium on Contaminated Sediments* [H. Tremblay, J. Locat et R. Galvez-Cloutier (ed)], Université Laval, Québec, p. 36-40.
- DUBÉ, S. 2013. *Évaluation du potentiel de rétablissement de la population d'esturgeon noir (Acipenser oxyrinchus) du Saint-Laurent : habitat et menaces*. Secrétariat canadien de consultation scientifique du ministère des Pêches et des Océans du Canada. Document de recherche 2013/037, v + 12 p.
- EDWARDS, C., P. L. HUDSON, W. G. DUFFY, S. J. NEPSZY, C. D. McNABB, R. C. HAAS, C. R. LISTON, B. A. MANNY ET W-D. N. BUSCH. 1989. « Hydrological, Morphometrical, and Biological Characteristics of the Connecting Rivers of the International Great Lakes: A review ». *Proceedings of the International Large Rivers Symposium (LARS)*, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, n° 106, Dodge, D. P. [ed.], p. 240-264.
- FOURNIER, D. 2002. *Recueil de données : Campagne de chalutage à la rencontre de l'estuaire fluvial et moyen du Saint-Laurent en 2001*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, ministère des Pêches et des Océans du Canada, Direction des sciences de l'environnement, 53 p.
- GAGNON, M., P. BERGERON, J. LEBLANC ET R. SIRON. 1998. *Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments de l'estuaire moyen du Saint-Laurent – Rapport technique, Zones d'intervention prioritaire 15, 16 et 17*. Saint-Laurent Vision 2000, Pêches et Océans Canada, 132 p.
- GENIVAR. 2012. *Programme de surveillance et de suivi environnemental des travaux de dragage au quai de l'Île-aux-Grues, 2012*. Rapport de Genivar inc. à la Société des traversiers du Québec, 44 p. + annexes.
- GENIVAR. 2013. *Caractérisation des sédiments au quai de l'Île-aux-Grues et au site de mise en dépôt en vue du dragage d'entretien de 2014*. Rapport de Genivar inc. à la Société des traversiers du Québec, 18 p. et annexes.
- GUILBARD, F., J. MUNRO, P. DUMONT, D. HATIN ET R. FORTIN. 2007. « Feeding Ecology of Atlantic Sturgeon and Lake Sturgeon Co-Occurring in the St. Lawrence Estuarine Transition Zone ». *American Fisheries Society Symposium*, vol. 56, p. 85-104.
- HATIN, D., R. FORTIN ET F. CARON. 2002. « Movements and aggregation areas of adult Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) in the St. Lawrence River estuary, Quebec, Canada ». *Journal of Applied Ichthyology*, vol. 18, p. 586-594.

- HATIN, D., S. LACHANCE ET D. FOURNIER. 2007a. « Effect of Annual Sediment Deposition on Use by Atlantic Sturgeon and Lake Sturgeon in the St. Lawrence Estuarine Transition Zone ». Dans *Anadromous sturgeons: habitats, threats, and management* [J. Munro, D. Hatin, J. Hightower, K. McKown, K. J. Sulak, A. W. Kahnle et F. Caron (ed.)]. *American Fisheries Society Symposium*, vol. 56, p. 235-255.
- HATIN, D., J. MUNRO, F. CARON ET R. D. SIMONS. 2007b. « Movements, Home Range Size, and Habitat Use and Selection of Early Juvenile Atlantic Sturgeon in the St. Lawrence Estuarine Transition Zone ». Dans *Anadromous sturgeons: habitats, threats, and management* [J. Munro, D. Hatin, J. Hightower, K. McKown, K. J. Sulak, A. W. Kahnle et F. Caron (ed.)]. *American Fisheries Society Symposium*, vol. 56, p. 129-155.
- MCQUINN, I. H., ET P. NELLIS. 2007. « An Acoustic-Trawl Survey of Middle St. Lawrence Estuary Demersal Fishes to Investigate the Effects of Dredged Sediment Disposal on Atlantic Sturgeon and Lake Sturgeon Distribution ». *American Fisheries Society Symposium*, vol. 56, p. 257-271.
- MOISAN, J. 2006. *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés d'eau douce du Québec – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 89 p.
- MUNRO, J. 2000. « Integrated assessment of impacts on concentrations of juvenile Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) and lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) associated with disposal of dredged sediment in the St. Lawrence River upper estuary ». Research proposal to the Environmental Science Strategic Research Fund, Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, 12 p.
- NELLIS, P., S. SENNEVILLE, J. MUNRO, G. DRAPEAU, D. HATIN, G. DESROSIERS ET F. J. SAUCIER. 2007b. « Tracking the Dumping and Bed Load Transport of Dredged Sediment in the St. Lawrence Estuarine Transition Zone and Assessing Their Impacts on Macrobenthos in Atlantic Sturgeon Habitat ». Dans *Anadromous sturgeons: habitats, threats, and management* [J. Munro, D. Hatin, J. Hightower, K. McKown, K. J. Sulak, A. W. Kahnle et F. Caron (ed.)]. *American Fisheries Society Symposium*, vol. 56, p. 215-234.
- NEWCOMBE, C. P., ET J. O. T. JENSEN. 1996. « Channel Suspended Sediment and Fisheries: A Synthesis for Quantitative Assessment of Risk and Impact ». *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 16, n° 4, p. 693-727.
- OSPAR. 2008. « Litterature review on the impacts of dredged sediment disposal at sea ». Publication n° 362/2008. En ligne. <http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00362/p00362_dredged_sediment_disposal_literature.pdf>
- PROCEAN ENVIRONNEMENT INC. 2007. *Programme de surveillance et de suivi environnemental des travaux de dragage au quai de l'Île-aux-Grues*. Rapport soumis à la Société des traversiers du Québec, 28 p. + annexes.
- SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE. 2001. *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichthyologiques en eaux intérieures, tome 1, Acquisition de données*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 137 p.
- SERVIZI, J. A. ET D. W. MARTENS. 1992. « Sublethal Responses of Coho Salmon (*Onchorhynchus kisutch*) to Suspended Sediments ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 49, p. 1389-1395.
- VESCHEV, P.V. 1981. « Effect of dredging operations in the Volga River on the migration of sturgeon larvae ». *Journal of Ichthyology*, vol. 21, p. 108-112.

- VINCENT, W. F., ET J. J. DODSON. 1999. « The St. Lawrence River, Canada–USA: the Need for an Ecosystem-Level Understanding of Large Rivers ». *Japanese Journal of Limnology*, vol. 60, p. 29-50.
- ZIMMERMAN, L.E., P.C. JUTTE ET R.F. VAN DOLAH. 2003. « An environmental assessment of the Charleston Ocean Dredged Material Disposal Site and surrounding areas after partial completion of the Charleston Harbor Deepening Project ». *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, n° 11, p. 1408-1419.

**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 