

Restauration des habitats du lac Saint-Pierre : un prérequis au rétablissement de la perchaude

Véronik de la Chenelière, Philippe Brodeur and Marc Mingelbier

Volume 138, Number 2, Summer 2014

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1025070ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1025070ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

0028-0798 (print)

1929-3208 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

de la Chenelière, V., Brodeur, P. & Mingelbier, M. (2014). Restauration des habitats du lac Saint-Pierre : un prérequis au rétablissement de la perchaude. *Le Naturaliste canadien*, 138(2), 50–61. <https://doi.org/10.7202/1025070ar>

Article abstract

In the mid-1990s, the Lake Saint-Pierre (Québec) population of yellow perch (*Perca flavescens*) started to undergo a sharp decline. By 2012, the situation had become so critical that the provincial government closed the commercial and sport fishing of this species. Although fishery activities contributed to the decline of yellow perch, this species has also suffered from habitat deterioration. An analysis of land-use using aerial photographs, coupled with modeling based on information concerning the best spawning habitat for yellow perch in the littoral zone, revealed that 5000 ha of spring habitat have been negatively modified by anthropogenic activities since 1950. Furthermore, the loss of submerged macrophyte beds, the proliferation of benthic cyanobacteria in the areas used by young yellow perch, the reduction in connectivity between the lake and the littoral zone, competition with exotic species, the arrival of a new avian predator and climate change have also contributed to poor recruitment and to the decline of the yellow perch. These findings suggest that the situation will only improve when this species is provided with a healthy environment in which to spawn and develop. This will require restoration of essential habitats, an improvement in water quality, and an enhanced level of connectivity between the lake and the littoral zone (including the floodplain).

Restauration des habitats du lac Saint-Pierre : un prérequis au rétablissement de la perchaude

Véronik de la Chenelière, Philippe Brodeur et Marc Mingelbier

Résumé

La perchaude (*Perca flavescens*) du lac Saint-Pierre a connu un déclin majeur à partir du milieu des années 1990. La situation est devenue si critique que le gouvernement du Québec a décrété, en 2012, un moratoire de 5 ans sur les pêches commerciale et sportive. Si la pêche a contribué à cet effondrement, la perchaude a aussi souffert de la détérioration de ses habitats depuis les années 1950. L'analyse de l'utilisation du sol à partir de photographies aériennes, couplée à la modélisation des meilleurs habitats de reproduction dans la zone littorale, indique que 5 000 ha d'habitats printaniers ont été dégradés par plusieurs activités anthropiques. La disparition d'herbiers et la prolifération de cyanobactéries benthiques dans les zones de croissance des jeunes perchaudes, la diminution de la connectivité entre le lac et la zone littorale, l'implantation d'espèces exotiques, l'arrivée d'un nouveau prédateur aviaire et aussi le climat ont contribué à l'échec du recrutement et au déclin de la perchaude. Les constats de détérioration du lac Saint-Pierre indiquent que la situation ne s'améliorera que lorsque les espèces pourront se reproduire et se développer dans un milieu sain, ce qui nécessitera la restauration d'habitats, ainsi que l'amélioration de la qualité de l'eau et de la connectivité entre le lac et la zone littorale.

MOTS CLÉS : habitat de croissance, habitat de reproduction, pêcherie, *Perca flavescens*, Québec

Abstract

In the mid-1990s, the Lake Saint-Pierre (Québec) population of yellow perch (*Perca flavescens*) started to undergo a sharp decline. By 2012, the situation had become so critical that the provincial government closed the commercial and sport fishing of this species. Although fishery activities contributed to the decline of yellow perch, this species has also suffered from habitat deterioration. An analysis of land-use using aerial photographs, coupled with modeling based on information concerning the best spawning habitat for yellow perch in the littoral zone, revealed that 5000 ha of spring habitat have been negatively modified by anthropogenic activities since 1950. Furthermore, the loss of submerged macrophyte beds, the proliferation of benthic cyanobacteria in the areas used by young yellow perch, the reduction in connectivity between the lake and the littoral zone, competition with exotic species, the arrival of a new avian predator and climate change have also contributed to poor recruitment and to the decline of the yellow perch. These findings suggest that the situation will only improve when this species is provided with a healthy environment in which to spawn and develop. This will require restoration of essential habitats, an improvement in water quality, and an enhanced level of connectivity between the lake and the littoral zone (including the floodplain).

KEYWORDS: fisheries, nursery areas, *Perca flavescens*, Québec, spawning habitat

Introduction

Le lac Saint-Pierre est un site exceptionnel, reconnu depuis 1998 comme zone humide d'importance internationale selon la Convention de Ramsar et identifié, en 2000, comme Réserve mondiale de la biosphère par l'UNESCO. Il représente une richesse d'un point de vue écologique en plus de procurer des biens et services écosystémiques pour l'économie québécoise. La perchaude (*Perca flavescens*), espèce emblématique du lac Saint-Pierre (figure 1), y est exploitée depuis plus d'un siècle, faisant l'objet de pêcheries commerciale et sportive importantes pour l'économie et pour le patrimoine culturel et social de la région (Magnan, 2002; Thibault, 2008). Autrefois très abondante, la population de perchaudes du lac Saint-Pierre a amorcé une chute rapide au milieu des années 1990. Malgré l'application de plusieurs mesures de gestion visant principalement à réduire la pression de pêche entre 1997 et 2008, la population s'est effondrée. La même tendance à la baisse et l'atteinte d'un état d'effondrement de la population de perchaudes ont été

observées dans le tronçon du fleuve Saint-Laurent situé entre le lac Saint-Pierre et Saint-Pierre-les-Becquets (Magnan et collab., sous presse). On estime que la population est passée d'une moyenne de 4,4 millions de femelles reproductrices au cours de la période 1986-1991 à 0,6 million en 2002-2003, soit une baisse de 86 % (Guénette et collab., 1994; Dumont et Mailhot, 2004). L'effondrement du stock de perchaudes s'est poursuivi en raison de la très faible abondance des jeunes classes d'âge, témoignant de l'échec du recrutement et de fortes pressions agissant sur les premiers stades de vie de l'espèce (Magnan et collab., sous presse). La situation est devenue si critique, qu'en 2012,

Véronik de la Chenelière est biologiste consultante.

veronikdelacheneliere@hotmail.ca

Philippe Brodeur est biologiste pour la Direction régionale de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Secteur de la faune du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, et Marc Mingelbier est biologiste à la Direction de la faune aquatique du même ministère.



Figure 1. Spécimen de perchaude d'environ 20 cm capturé au lac Saint-Pierre.

de l'espèce et ses habitats essentiels. Dans la deuxième partie de l'article, nous exposons les pressions entravant le rétablissement de la population de perchaudes du lac Saint-Pierre, en mettant d'abord l'accent sur la méthodologie et les recommandations liées à l'une des plus significatives, soit la détérioration des habitats de reproduction. Les autres pressions abordées sont la perte de connectivité entre le lac et la zone littorale, la piètre qualité de l'eau du lac, la détérioration des habitats de croissance des jeunes perchaudes, les espèces exotiques envahissantes, la prédation par le cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*), les changements climatiques et la régularisation du niveau d'eau.

le gouvernement du Québec a décrété un moratoire de 5 ans sur les pêches sportive et commerciale à la perchaude dans le lac Saint-Pierre, moratoire qui a été étendu vers l'aval l'année suivante, jusqu'à Saint-Pierre-les-Becquets. Cette mesure exceptionnelle de protection intégrale du segment reproducteur est essentielle au rétablissement éventuel de la perchaude et à l'avenir d'une pêche durable, mais elle n'est pas suffisante. Plusieurs équipes de scientifiques travaillent à identifier les principales pressions susceptibles de nuire au rétablissement de la perchaude dans le but d'identifier les autres actions à poser pour rétablir l'espèce. Nous dressons ici le portrait des principales pressions documentées à ce jour. La première partie de l'article se consacre à une mise en contexte présentant l'hydrographie du lac Saint-Pierre, l'historique des pêcheries de perchaudes, l'état des populations de perchaudes du Saint-Laurent, le cycle vital

Mise en contexte

Portrait hydrographique du lac Saint-Pierre

Le tronçon fluvial du Saint-Laurent comporte 3 élargissements d'envergure qualifiés de « lacs fluviaux », soit, d'amont en aval, les lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre (figure 2). Le lac Saint-Pierre s'étend approximativement de Tracy en amont, à Pointe-du-Lac (rive nord) ou Nicolet (rive sud), ce qui représente une longueur de 48 km. Le secteur amont prend la forme d'un archipel caractérisé par une multitude d'îles et de chenaux. Le secteur aval, le lac proprement dit, mesure 25,6 km de longueur sur 12,8 km de largeur, avec une profondeur moyenne de 2,7 m. La profondeur atteint un maximum de 13,7 m en son centre, où un chenal de navigation a été aménagé. La vitesse du courant est de 0,6 à 1 m/s dans le chenal, mais

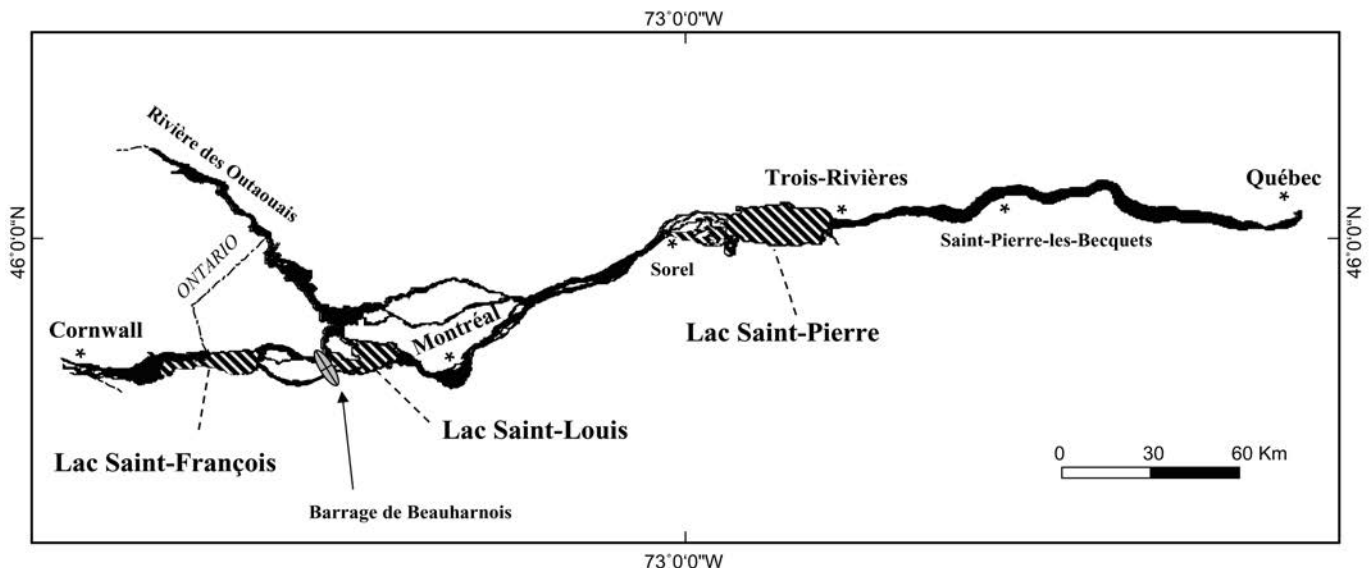


Figure 2. Carte des différentes populations de perchaudes qui font l'objet d'un suivi soutenu dans la partie québécoise du fleuve Saint-Laurent.

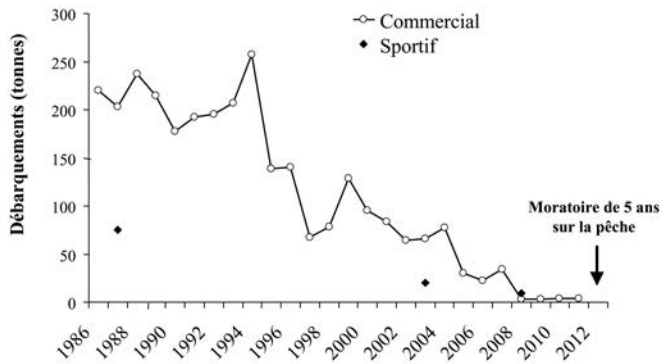


Figure 3. Débarquements de perchaudes par les pêches commerciale et sportive au lac Saint-Pierre de 1986 à 2011. Il est à noter que plusieurs mesures réglementaires ont eu pour effet de réduire la pression de pêche entre 1997 et 2008.

de moins de 0,3 m/s de part et d'autre. Le lac Saint-Pierre est alimenté par de nombreux affluents, principalement sur la rive sud, qui engendrent un accroissement de 8 % du débit du fleuve, passant en moyenne de 9 725 m³/s à l'entrée du lac à 10 500 m³/s à sa sortie. Les eaux du centre du lac provenant du lac Ontario se mélangent peu aux eaux de la rive sud ou de la rive nord, qui sont composées de l'eau des tributaires. Le lac Saint-Pierre est caractérisé par une vaste plaine d'inondation; au printemps, selon les conditions de crue de récurrence de 2 ans, environ 14 000 ha peuvent être inondés pendant une période de 5 à 9 semaines (La Violette, 2004).

Historique des pêcheries au lac Saint-Pierre

La pêche commerciale à la perchaude était déjà pratiquée au 19^e siècle dans le lac Saint-Pierre (Morneau, 2000). Jusque dans les années 1960, la perchaude était abondante et relativement peu exploitée (Guénette et collab., 1994). C'est au cours des années 1970 que l'on note l'essor des pêches commerciale et sportive à la perchaude en eau libre et sur la glace (Guénette et collab., 1994). En 1986, les débarquements de ces pêcheries atteignaient 280 t, la pêche sportive représentant 25 % de ce total (Mailhot et collab., 1987; figure 3). Le segment exploité, composé des perchaudes de plus de 16 cm, connaissait alors une mortalité annuelle élevée, de plus de 80 %, en raison d'un fort taux d'exploitation par la pêche (Guénette et collab. 1994). Cette forte pression de pêche, combinée à plusieurs années successives de faible succès de la reproduction, ont conduit, entre 1995 et 1998, à une rupture du stock (Magnan, 2002). Pour un effort de pêche similaire, les débarquements commerciaux sont passés de 213 t (1986 à 1994) à 140 t (1995 et 1996), puis à 70 t (1997 et 1998). Plusieurs mesures de gestion ont été mises en place au cours des quelque 15 années suivantes pour réduire la pression de pêche et tenter d'inverser le déclin: réduction de la limite de prise et de possession, instauration d'une taille minimale à 165 mm puis augmentée à 190 mm, réduction de la saison de pêche et rachat de permis de pêche commerciale. En 2008, un quota de 12,3 t englobant les débarquements de la pêche sportive (8 t) et de la

pêche commerciale (4,3 t) a été instauré, et la pêche durant la période de reproduction a été interdite (Magnan et collab., 2008; Thibault, 2008). Le gouvernement du Québec a finalement eu recours à un moratoire de 5 ans sur les 2 types de pêches en 2012, dans un effort ultime de protection des géniteurs. L'effondrement de la population de perchaude du lac Saint-Pierre, survenu malgré plusieurs mesures de gestion sévères visant à réduire puis à éliminer la mortalité liée à la pêche, suggère maintenant d'examiner d'autres pistes de solution visant à retrouver la capacité de support du milieu qui prévalait dans le passé.

États des populations de perchaudes du Saint-Laurent

Dans le Saint-Laurent, des analyses génétiques à l'échelle du paysage ont démontré qu'il existe 4 populations de perchaudes, liées à des barrières physiques naturelles ou à des interventions humaines entravant la connectivité entre certaines portions du fleuve (Leclerc et collab., 2008). Trois populations sont situées en amont du lac Saint-Pierre et la quatrième occupe une zone qui s'étend du lac Saint-Pierre jusqu'à Québec (figure 2). Contrairement à celle du lac Saint-Pierre, les populations de perchaudes des lacs Saint-François et Saint-Louis sont considérées en santé et même en croissance (Magnan et collab., sous presse). Ces contrastes entre les différents secteurs du fleuve peuvent s'expliquer par le fait que des pressions supplémentaires s'exercent sur la population du lac Saint-Pierre et du tronçon situé en aval (Lecomte et collab., 2012). Si une pression de pêche excessive a initialement contribué à l'effondrement de cette population, on constate que la perchaude a aussi souffert de la détérioration de ses habitats. D'ailleurs, les inventaires effectués montrent que d'autres espèces partageant les préférences d'habitats de la perchaude pour la reproduction ou la croissance présentent également des signes de déclin dans le lac Saint-Pierre (grand brochet (*Esox lucius*), crapet de roche (*Ambloplites rupestris*), crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*) et méné à tache noire (*Notropis hudsonius*); Brodeur, 2013). En ce sens, la situation de ces espèces est le reflet de l'ensemble des activités humaines et des changements environnementaux exerçant des pressions sur le lac Saint-Pierre et ses communautés aquatiques.

Cycle vital de la perchaude et habitats essentiels

Au lac Saint-Pierre, les perchaudes femelles atteignent la maturité sexuelle vers l'âge de 3 ans et peuvent se reproduire plusieurs fois au cours de leur vie. La fraye se déroule durant la crue printanière, au cours du mois d'avril (Mingelbier et collab., 2005). La femelle produit une seule masse d'œufs gélatineuse, tubulaire et torsadée, pouvant contenir de 8 000 à 45 000 œufs (Dumont, 1996; Guénette et collab., 1994) et atteindre une longueur de 2 m. Cette masse gélatineuse, fécondée au moment de la ponte, est enroulée autour de la végétation ou déposée sur les débris situés sur le fond (figure 4). D'après des relevés effectués au lac Saint-Pierre, les perchaudes recherchent des milieux peu profonds (0,3 à 1,0 m de profondeur), à l'abri



Figure 4. Masse d'œufs d'une perchaude attachée à la végétation d'un marais peu profond.

du courant et qui se réchauffent rapidement (Mingelbier et collab., 2005). Elles sélectionnent des secteurs où le substrat végétal présente des branches d'arbustes submergées ou une architecture formée par un tapis de végétaux morts ancrés sur le fond (type prairie humide à graminée inondée) ou par des tiges verticales submergées (végétation de marais; p. ex. quenouille (*Typha* sp.), scirpe d'Amérique (*Schoenoplectus pungens*), rubanier à gros fruits (*Sparganium eurycarpum*)), sur lesquels les rubans d'œufs peuvent demeurer accrochés. En milieu naturel, les marais, les arbustiaies ainsi que les prairies humides accessibles aux géniteurs sont utilisés. À l'opposé, les zones présentant un substrat inorganique fin exempt de végétation ou à densité végétale faible (présence de végétation, mais substrat inorganique découvert et visible), sont systématiquement évitées par les géniteurs (Mingelbier et collab., 2005).

L'emplacement des habitats de reproduction varie d'une année à l'autre en fonction de la hauteur de la crue, les habitats propices étant situés dans la portion supérieure peu profonde de la zone inondée (Brodeur et collab., 2006). Lors d'une année de crue moyenne, la frange des habitats peu profonds se situe près de la limite des crues de récurrence de 2 ans. Lors d'une année de forte crue, cette frange dépassera la ligne des hautes eaux pour atteindre la ligne de récurrence de 5 ans ou parfois plus. Ainsi, seule une certaine proportion de tous les habitats de fraye potentiels est réellement disponible une année donnée, selon l'ampleur de la crue. Pour fournir des habitats de reproduction de qualité optimale pour la perchaude dans toutes les conditions de niveau d'eau, la superficie entière de la zone littorale à potentiel d'habitat élevé doit donc présenter une structure végétale propice à la reproduction, même si elle n'est pas accessible en totalité chaque année en fonction de l'ampleur de la crue.

Après l'éclosion, qui a lieu environ 10 à 20 jours après le dépôt des œufs, les larves effectuent leurs premières étapes de croissance dans les zones très peu profondes. Après le retrait de la crue, les zones de croissance idéales pour les

jeunes perchaudes sont peu profondes, donc plus chaudes, et colonisées par des macrophytes (Duncan et collab., 2011; Bertolo et collab., 2012; Paradis et collab., 2014). Les jeunes perchaudes y trouvent refuge et ressources alimentaires. Leur alimentation évolue en fonction du temps, passant graduellement, entre juin et août, du zooplancton aux invertébrés benthiques associés à la végétation submergée (Fortin et Magnan, 1972; Théberge 2008).

Pressions entravant le rétablissement de la perchaude du lac Saint-Pierre

Détérioration des habitats de reproduction

Identification des meilleurs habitats potentiels

Au début des années 2000, des préoccupations soulevées dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent et par la Commission mixte internationale ont mené au développement de nouveaux outils de modélisation de l'habitat visant à évaluer les répercussions des variations hydrologiques sur les poissons du Saint-Laurent (Mingelbier et collab., 2004; Mingelbier et collab., 2008). Nous avons utilisé ces outils de modélisation afin de cartographier les superficies potentielles d'habitats de reproduction de la perchaude en tenant compte des besoins de l'espèce (Brodeur et collab., 2006). Le lac Saint-Pierre et sa plaine d'inondation ont été découpés en parcelles mesurant en moyenne 80 m × 80 m. Pour chaque parcelle, la qualité des habitats de reproduction potentiels a été définie par un indice de qualité d'habitat (IQH) combinant les caractéristiques de la végétation (densité et type), la profondeur de l'eau (faible, moyenne et élevée) et la vitesse du courant (faible, moyenne et forte) et produisant plusieurs valeurs différentes d'IQH (Mingelbier et collab., 2005). Pour simplifier l'interprétation des résultats, les valeurs finales d'IQH ont été regroupées en 4 classes variant de 0 (absence de potentiel d'habitat) à 3 (meilleure qualité d'habitat de reproduction). Ces classes reflètent les besoins des perchaudes qui utilisent la plaine d'inondation pour se reproduire et ont été validées avec des observations de terrain réalisées au lac Saint-Pierre (Mingelbier et collab., 2005). Les habitats de meilleure qualité correspondent aux cotes d'IQH de 2 et de 3.

Les meilleurs habitats de reproduction identifiés annuellement par modélisation ont été superposés afin de fournir une image intégrée du potentiel d'habitat historique pour l'ensemble des conditions hydrologiques observées depuis la mise en application du plan de régularisation des débits du fleuve Saint-Laurent, au milieu des années 1960. Par cette méthode, on trouve 13 834 ha d'habitat de qualité élevée entre la limite des basses eaux et la limite supérieure des plus fortes inondations. À l'intérieur des limites des crues de récurrence de 2 ans, la superficie d'habitat potentiel de qualité élevée est estimée à 12 506 ha, ce qui représente 90 % du potentiel d'habitat rencontré dans l'ensemble de la plaine d'inondation. Pour des fins de référence spatiale et de comparaison, la zone littorale du lac Saint-Pierre est ici comprise entre la limite des basses eaux (limite supérieure de l'eau libre telle qu'observée en 1997; Richard et collab., 2011) et la limite d'une crue de

récurrence de 2 ans. Ces limites sont celles ayant le plus de signification écologique pour les poissons utilisant la plaine d'inondation du lac Saint-Pierre.

Perte historique d'habitat et diminution de la capacité de support

Pour quantifier les pertes historiques d'habitat de reproduction attribuables à des activités humaines, la carte du potentiel d'habitat historique a été superposée à une description, par photo-interprétation, des milieux naturels et de l'utilisation anthropique de la plaine d'inondation en 1997 (Richard et collab., 2011). En effet, le travail annuel du sol à l'automne à des fins agricoles ou le piétinement et le broutage par le bétail engendrent une perte du couvert végétal essentiel pour la fraye et l'alevinage des perchaudes au printemps (Benoît et collab., 1987). Or, l'utilisation du sol dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre a connu des transformations significatives depuis 1950, principalement en raison de l'intensification de l'agriculture, qui a atteint un point tournant au début des années 1990 au Québec (Fecteau et Poissant, 2001). Elle s'est traduite par une augmentation de la culture annuelle des céréales (maïs, blé) et des oléagineux (soya), de l'ordre de 225 % entre 1950 et 1997 (Richard et collab., 2011; figure 5). Les pratiques agricoles associées aux cultures pérennes restantes compromettent également la reproduction des poissons au printemps (Boisvert et Brodeur, 2012). Selon l'utilisation du sol observée en 1997, 7 768 ha d'habitat potentiel de qualité élevée se trouvaient encore dans les milieux naturels propices à la reproduction alors qu'environ 4 738 ha étaient soumis à des activités anthropiques qui engendrent des pertes d'habitats (principalement l'agriculture, le réseau routier et les villes; figure 6). Cette évaluation des pertes est vraisemblablement conservatrice puisque d'autres milieux naturels ont été transformés depuis 1997 au profit de l'agriculture (Jean et Létourneau, 2011). On estime actuellement à 5 000 ha les milieux perturbés au point où ils sont inutilisables pour la reproduction de la perchaude.

Cette perte d'habitats de reproduction se traduit par une baisse de la capacité de support du milieu, que l'on peut examiner sous un autre angle, soit celui des besoins unitaires de chaque femelle reproductrice. Selon les inventaires de pontes de perchaudes réalisés dans un marais du lac Saint-Pierre jugé très productif en termes de croissance et d'abondance de perchaudes juvéniles, la superficie réellement utilisée par chaque femelle couvre environ 20 m² d'habitat de reproduction (Mingelbier et collab., 2005). En se basant sur cette superficie unitaire utilisée par chaque femelle, on peut estimer la capacité de support des meilleurs habitats de reproduction en termes du nombre de femelles qu'il peut accueillir. Ainsi, en raison des pertes d'habitats survenus majoritairement à partir du début des années 1990, la capacité de support des habitats de meilleure qualité a chuté de façon importante. On estime cette capacité de support à 0,9 million de femelles selon les conditions de niveau d'eau et d'utilisation du sol observées en 1997, ce qui représente une baisse de 60 % par rapport à la

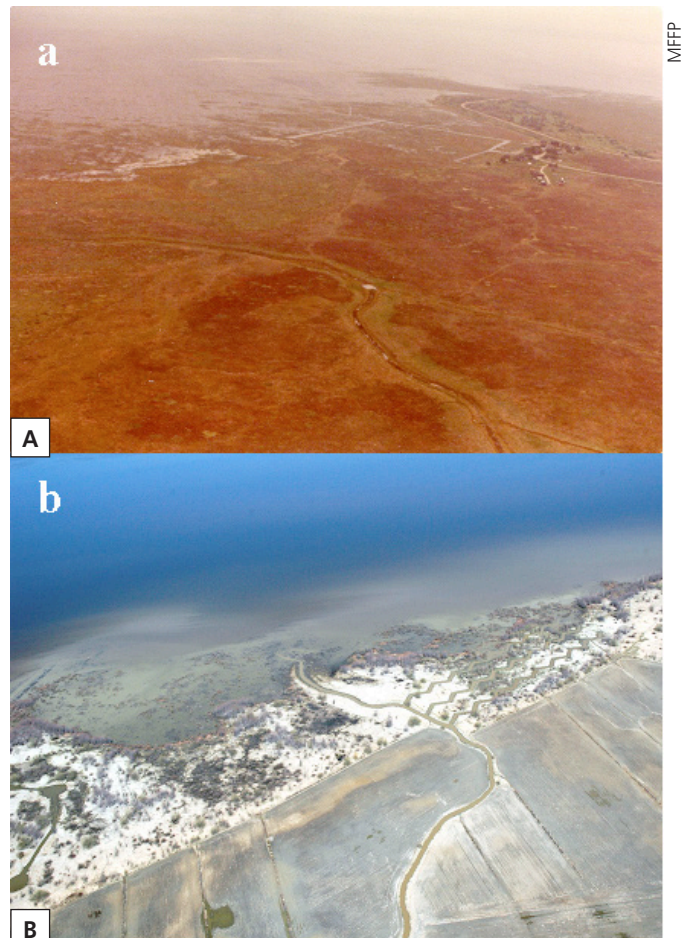


Figure 5. Exemple de conversion d'une friche en grande culture entre 1980 (a) et 2007 (b) dans la zone littorale du lac Saint-Pierre, secteur de Baie-du-Febvre.

capacité de support maximale observée dans les années 1980, période où la perchaude était très abondante. Cette estimation de la capacité de support, en 1997, concorde très bien avec l'estimation de population de 0,6 million de femelles en 2002-2003 (Dumont et Mailhot, 2004). Ces estimations sont très cohérentes avec le déclin de la population de perchaudes amorcé au cours des années 1990 et avec les problèmes de recrutement qui se sont amplifiés avec le temps.

Restauration des habitats de reproduction

La force des cohortes chez la perchaude est très variable d'une année à l'autre. La qualité et la quantité d'habitats de reproduction accessibles ainsi que les conditions météorologiques pendant la première année de croissance sont déterminantes (Guénette et collab.; 1994, Brodeur et collab., 2006). Une forte cohorte, produite lors de conditions optimales, peut ainsi soutenir à elle seule la population pendant plusieurs années (Guénette et collab., 1994). Comme la localisation des habitats de reproduction change d'une année à l'autre selon la hauteur de la crue, l'ensemble des habitats potentiels de qualité élevée pour la reproduction de la perchaude doit retrouver

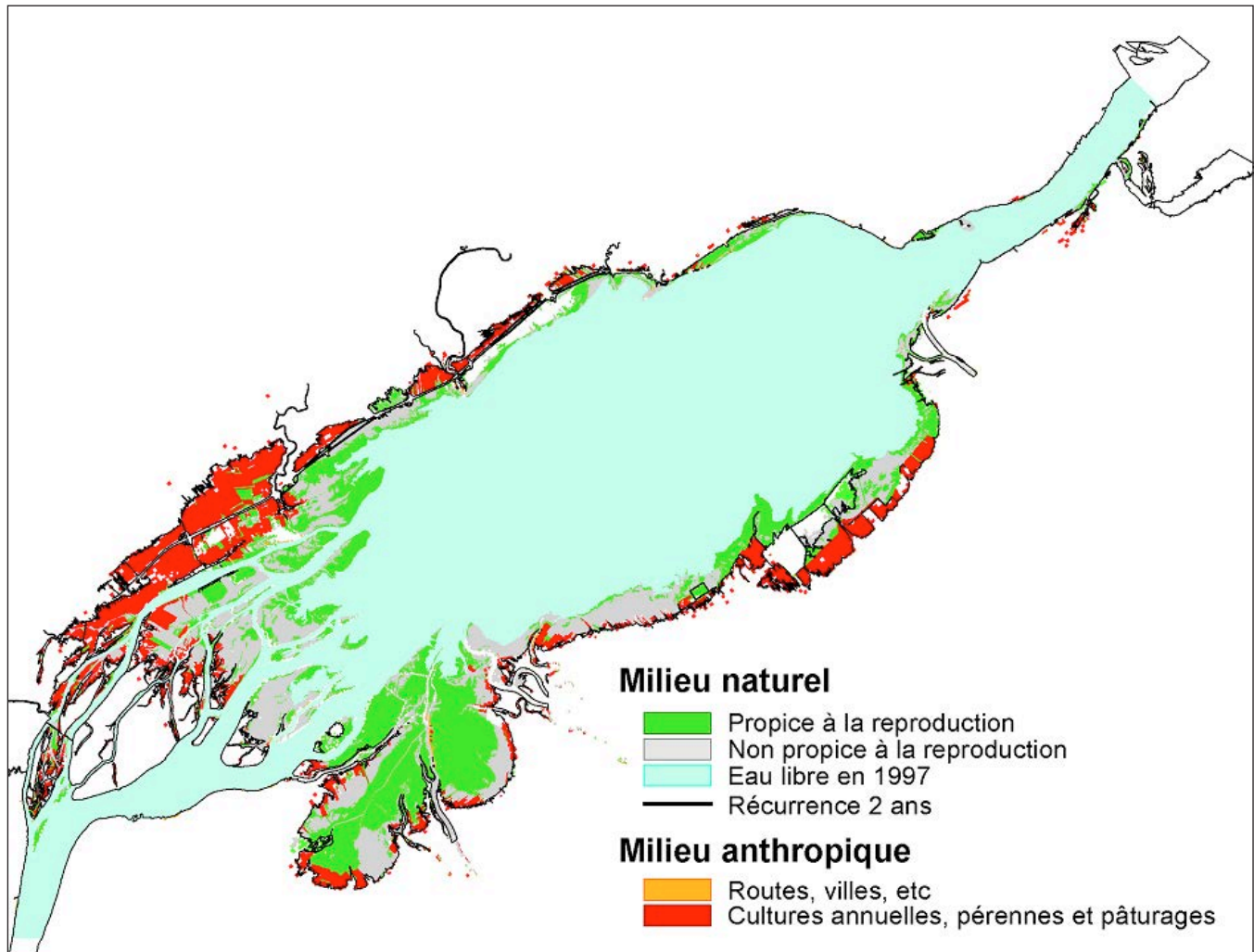


Figure 6. Localisation des secteurs qui ont déjà représenté un habitat de qualité élevée pour la reproduction de la perchaude au lac Saint-Pierre au cours de la période 1964-2010. Sur la base de la description de l'utilisation des sols en 1997, les milieux naturels propices et non propices à la reproduction ainsi que les pertes dues aux activités anthropiques ont été représentés. L'eau libre correspond à celle mesurée par photo-interprétation en 1997 (Richard et collab., 2011) et le contour du lac à la cote d'inondation de récurrence de 2 ans est représenté par un trait noir.

ses fonctions écologiques. Pour favoriser le rétablissement de la perchaude, il s'avère donc important de restaurer les superficies d'habitats perdues dans la plaine d'inondation et ainsi d'augmenter la capacité de support du milieu (Magnan et collab., 2008). La perchaude pourra alors tirer profit du plein potentiel d'habitats, particulièrement au cours des années où les conditions météorologiques seront optimales.

Pour ce faire, il sera essentiel de favoriser l'implantation de végétation naturelle ou, minimalement, une utilisation du sol à des fins agricoles présentant des caractéristiques propices à la reproduction des poissons et aux autres fonctions écologiques de ces habitats, sur un total de 5 000 ha actuellement destinés à des usages humains. La restauration de ces 5 000 ha devra selon toute vraisemblance se faire par étape, et des travaux seront nécessaires afin d'identifier si des pratiques agricoles peuvent être compatibles avec les besoins de la faune dans le contexte du marché agricole actuel.

Compte tenu de la précarité de l'état du lac Saint-Pierre, un minimum de 2 500 ha d'habitats de qualité élevée devrait être restauré au cours des 3 prochaines années afin que la génération de perchaudes protégée par le moratoire sur la pêche puisse profiter de conditions propices à la reproduction. Cette superficie de 2 500 ha correspond aux pertes d'habitats engendrées par les activités anthropiques au cours d'une année typique où le niveau d'eau atteint une récurrence de 2 ans.

Connectivité des habitats et perturbations physiques

Les routes et les digues

La libre circulation entre les divers habitats de vie est cruciale pour les poissons. Au printemps, la connectivité entre le fleuve et son littoral revêt une grande importance, car les poissons gagnent alors les sites de reproduction et d'alimentation (Brodeur et collab., 2004; Brodeur et Dumas, 2006). Une coupure

de cet accès lors de la migration et de la reproduction empêche les habitats de jouer leur rôle. Or, une portion de l'autoroute 40 et de certaines routes municipales a été aménagée dans la zone littorale du lac Saint-Pierre. La superficie de ces empiétements couvre environ 250 ha. La construction de l'autoroute 40 a aussi nécessité l'aménagement de 300 conduites de drainage dans le littoral du lac. De ces conduites, 102 donnent accès à des zones de reproduction situées au nord de l'autoroute. L'inventaire de ces 102 conduites a permis de déterminer qu'au moins 14 ponceaux présentent une entrave à la libre circulation du poisson (présence d'une chute infranchissable en aval, obstruction du ponceau par des débris, faible diamètre de l'ouvrage, etc.). Aux ponceaux de l'autoroute s'ajoutent au moins 350 ouvrages situés sur des réseaux routiers municipaux et à l'intérieur de champs agricoles. Ces conduites affichent très fréquemment des caractéristiques limitatives pour la libre circulation des poissons. En plus de s'assurer que chacun de ces ouvrages permet la libre circulation des poissons, il faudrait évaluer s'ils sont en nombre suffisant pour assurer une connectivité optimale entre le lac et la zone littorale.

Au cours des années 1980 et 1990, 559 ha de terres ont été endigués dans le littoral du lac Saint-Pierre. Selon les secteurs, l'objectif était d'y contrôler le niveau de l'eau au printemps pour créer des lieux de repos pour la sauvagine en migration ou pour favoriser l'assèchement des terres par pompage dans le but d'améliorer les rendements agricoles. Ces digues limitent ou empêchent la libre circulation des poissons vers certains secteurs du littoral du lac Saint-Pierre et constituent ainsi des pertes d'habitats. La reconnexion de ces secteurs avec le lac Saint-Pierre doit donc être envisagée.

La canalisation du Saint-Laurent

Au cours des 150 dernières années, le lac Saint-Pierre a subi des modifications physiques profondes à la suite d'activités humaines (Morin et Côté, 2003). De 1840 à 1997 se sont déroulées plusieurs opérations de dragage pour créer, au centre du lac, un chenal de navigation large (au moins 250 m) et profond (au moins 11,3 m) et pour l'entretenir périodiquement. Des millions de tonnes de sédiments ont ainsi été remaniées afin de permettre la navigation. Parallèlement, des chenaux de l'archipel ont été partiellement fermés par l'aménagement de 5 réservoirs dans le but de canaliser l'eau vers le chenal de navigation et d'y hausser le niveau de l'eau jusqu'au port de Montréal. Enfin, des îlots artificiels ont été créés de chaque côté du chenal pour stabiliser les glaces en hiver. L'ensemble de ces modifications physiques a conduit à une transformation majeure des patrons d'écoulement des eaux du lac Saint-Pierre et, par voie de conséquence, des habitats des poissons et de leur connectivité.

Qualité de l'eau du Saint-Laurent et de ses tributaires

La majorité des eaux du lac Saint-Pierre provient du lac Ontario. Elles sont très claires et de bonne qualité, mais elles s'écoulent principalement par le chenal de navigation (Hudon et Carignan, 2008). Dans les tronçons de Montréal et du lac Saint-Pierre, la qualité de l'eau du fleuve se détériore.

Les eaux usées de 3 millions de Montréalais retournent au fleuve partiellement traitées et sans désinfection. Localement, le lac Saint-Pierre reçoit également les effluents industriels de Sorel-Tracy et les effluents de plusieurs autres stations d'épuration. Le lac est alimenté par ses tributaires directs qui drainent les eaux de plus de la moitié des terres cultivées du Québec, apportant une charge élevée de phosphore, d'azote, de pesticides et de sédiments (Boily et collab. 2009; MDDEP, 2012). Ces eaux de moindre qualité sont confinées dans les zones les moins profondes, où se répartissent les milieux humides et les herbiers aquatiques, qui correspondent aux milieux les plus productifs et les plus sensibles. Le côté nord du lac baigne dans les eaux de la rivière des Outaouais auxquelles s'ajoutent progressivement les eaux des rivières l'Assomption, Maskinongé, du Loup et Yamachiche. La masse d'eau du sud est essentiellement formée des eaux des rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet. L'occupation du territoire et les activités humaines dans ces bassins versants ont une incidence directe sur la qualité des eaux du lac (Hudon et Carignan, 2008). Une analyse des facteurs contribuant à la faible qualité de l'eau des tributaires ainsi qu'aux actions envisageables pour la restaurer s'avère essentielle.

La qualité de l'eau du Saint-Laurent entre Montréal et le lac Saint-Pierre s'est améliorée depuis les années 1980, grâce aux programmes d'assainissement visant les municipalités et les industries comme les pâtes et papiers et les raffineries de pétrole (Hébert et Belley, 2005; Patoine et D'Auteuil-Potvin, 2013). Ces progrès sont cependant insuffisants, puisque certains paramètres dépassent encore fréquemment les critères de qualité de l'eau (Hudon et Carignan, 2008), et les habitats aquatiques du lac Saint-Pierre continuent à se détériorer. La contamination bactériologique et les débordements des réseaux d'égouts par temps de pluie demeurent des enjeux préoccupants (Hébert et Belley, 2005).

En aval des milieux urbains, des études menées depuis 1999 ont permis de détecter la présence de contaminants dits « émergents », qui ont le potentiel de perturber la physiologie des organismes aquatiques : nonylphénols éthoxylés, polybromodiphényléther (PBDE) et autres retardateurs de flamme, composés perfluorés, résidus de médicaments, etc. (MDDEP, 2012; Houde et collab., 2014). Tous ces composés pourraient contribuer à la fragilité de la population de perchaudes du lac Saint-Pierre, mais les mécanismes d'action sont encore méconnus.

Détérioration des habitats de croissance de la perchaude

Depuis au moins 2005, on constate que la végétation se transforme dans les zones peu profondes du lac Saint-Pierre. Les grands herbiers de macrophytes, anciennement dominés par la vallisnérie (*Vallisneria americana*), disparaissent au profit d'un tapis filamenteux de cyanobactéries benthiques (figure 7). Selon Hudon et collab. (2012), ces transformations seraient liées aux fortes charges en nutriments provenant des tributaires agricoles du lac Saint-Pierre. En effet, une

Abondance des herbiers

- Absence
- Éparse
- Plusieurs plantes
- Couvert complet

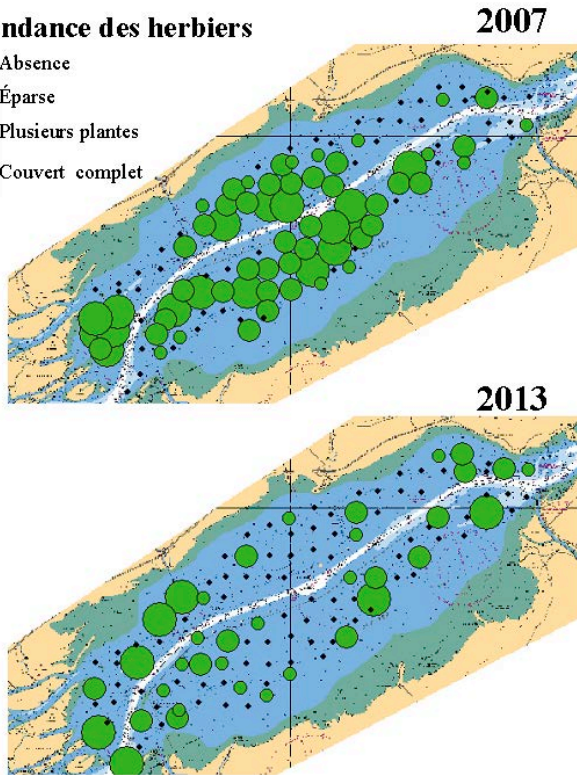


Figure 7. Abondance des macrophytes dans le lac Saint-Pierre en 2007 et 2013, telle que mesurée par le Réseau de suivi ichthyologique (Deschamps, 2013). L'abondance est estimée à l'aide d'une caméra subaquatique et exprimée sur une échelle semi-quantitative : absence de plantes, éparse (quelques plantes), plusieurs plantes (on voit le fond) et couvert complet (on ne voit pas le fond).

grande densité de macrophytes se développe à l'embouchure des tributaires se déversant sur la rive sud du lac Saint-Pierre, stimulée par des charges en nutriments très élevées. Paradoxalement, les eaux s'écoulant en aval de cette zone, partiellement épurées, présentent un déficit d'azote et, à un degré moindre, de phosphore qui les rend propices à la prolifération de cyanobactéries, lesquelles, contrairement aux macrophytes, ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique. Ces transformations profondes de vastes superficies d'herbiers ont engendré une cascade d'effets, allant d'une forte diminution du couvert de macrophytes sur l'ensemble de la colonne d'eau et du développement, sur le fond, d'un couvert de cyanobactéries, à une forte baisse de la disponibilité des invertébrés et, ultimement, à une réduction de la croissance des jeunes perchaudes et de leur potentiel de survie hivernale en raison de la faible taille atteinte à l'automne (Hudon et collab., 2012). La zone ainsi épurée représentait, avant ce changement, un vaste secteur de reproduction, d'alevinage, d'abri et de croissance pour la perchaude lors de sa première année de vie. Cette situation a eu pour effet d'amplifier l'effet néfaste de la détérioration des habitats riverains sur le recrutement de l'espèce. Les changements majeurs dans la végétation submergée des zones peu profondes du lac

Saint-Pierre pourraient être le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs qui mériteraient d'être étudiés plus en détail afin d'identifier les actions de restauration à mettre de l'avant.

Espèces exotiques envahissantes

Le fleuve Saint-Laurent, comme beaucoup d'autres écosystèmes aquatiques dans le monde, est fortement exposé à l'envahissement par des espèces exotiques, que ce soit par les eaux de lest des navires marchands (p. ex. moule zébrée *Dreissena polymorpha* et gobie à taches noires *Neogobius melanostomus*), par certaines pratiques liées à la pêche sportive (p. ex. appâts vivants) ou encore par des introductions directes (p. ex. tanche *Tinca tinca*) (de Lafontaine et Costan, 2002).

Plusieurs facteurs influencent la capacité d'une espèce exotique à s'implanter dans un nouveau milieu, et les milieux perturbés, comme ceux du lac Saint-Pierre, sont reconnus pour être plus vulnérables à l'établissement d'espèces exotiques. À leur tour, les espèces exotiques sont susceptibles d'engendrer d'importants changements dans le fonctionnement de l'écosystème, notamment dans les transferts trophiques d'énergie, de nutriments et de contaminants, en modifiant les relations prédateurs-proies. Dans cette perspective, l'arrivée récente du gobie à taches noires (Reyjol et collab., 2010) et de la tanche (Masson et collab., 2013) (figure 8a et b) dans le lac Saint-Pierre est préoccupante et pourrait constituer une série de nouvelles pressions pour la population de perchaudes déjà fragilisée. Ces 2 espèces exotiques sont perçues comme des compétiteurs potentiellement importants pour les zones d'alimentation, d'alevinage et de refuge (Masson et collab., 2013). La réaction de la perchaude à ces 2 envahisseurs n'est pas, pour le moment, documentée et donc imprévisible.

Nouveau prédateur, le cormoran à aigrettes

Le cormoran à aigrettes, piscivore, s'est implanté au lac Saint-Pierre au début des années 2000 (Magnan et collab., 2008; figure 8c). Entre 1998 et 2001, il est passé de 33 couples nicheurs (Paul Messier, Société d'aménagement de la baie Lavallière, communication personnelle) à 575, en plus des quelques milliers d'individus en migration automnale (MRNF, 2013). La prédation du cormoran n'a pas été à l'origine de l'effondrement de la population de perchaudes amorcé au milieu des années 1990, mais elle exerce sans contredit une pression supplémentaire sur une population déjà fragilisée. Bien qu'aucune relation directe de cause à effet ne puisse être établie, cet oiseau pourrait contribuer à en réduire le potentiel de rétablissement en consommant majoritairement des poissons de petite taille, dont les jeunes perchaudes d'âges 0, 1 et 2 ans.

Par principe de précaution, vu l'état très précaire de la population de perchaudes, le ministère responsable de la faune a réalisé des actions de contrôle depuis 2008. Les œufs de cormoran nichant sur les îlots artificiels du lac Saint-Pierre ont été stérilisés annuellement et à la suite de l'instauration du moratoire sur la pêche à la perchaude, des essais de contrôle par abattage des cormorans ont été réalisés en 2012 et en 2013

(MRNF, 2013). L'objectif des essais était d'évaluer l'efficacité, l'applicabilité et les éventuelles répercussions de cette méthode de contrôle au lac Saint-Pierre. Il importe de souligner que ces efforts de contrôle seront sans doute inefficaces si aucune autre action n'est entreprise pour améliorer l'état général des habitats aquatiques du lac.

Régularisation du niveau d'eau et changements climatiques

Le niveau de l'eau

Le niveau de l'eau influence directement les surfaces d'habitats disponibles pour la faune et les conditions de vie pour plusieurs stades de développement des poissons. Pour limiter l'ampleur des inondations printanières, faciliter la navigation en été et favoriser la formation du couvert de glace au début de l'hiver afin d'optimiser la production d'hydroélectricité, le débit et le niveau d'eau du Saint-Laurent sont contrôlés depuis les Grands Lacs. Ce contrôle artificiel s'ajoute aux variations naturelles du niveau de l'eau déjà influencées par le climat. En raison de l'effet combiné du climat et de la régularisation du débit du Saint-Laurent et de ses principaux affluents, les crues sont plus courtes et de moindre amplitude, soustrayant aux poissons des sites de reproduction et d'alevinage (Brodeur et collab., 2006).

Le climat futur

Les changements climatiques anticipés pour le prochain siècle pourraient également avoir des répercussions majeures sur les poissons du Saint-Laurent et leurs habitats (Hudon et collab., 2010). Le régime hydrologique et la température de l'eau pourraient être touchés au premier chef. On anticipe notamment que le débit du Saint-Laurent diminuera de 20 à 40 % (Mortsch et collab., 2000), que les pluies hivernales seront plus fréquentes et abondantes, que la crue printanière, moins forte, surviendra jusqu'à 3 semaines plus tôt (Boyer et collab., 2010a), que la température annuelle de l'eau, déjà en hausse de plus d'un degré depuis 1960 (Hudon et collab., 2010), sera plus élevée et que les extrêmes de températures et de niveaux d'eau seront plus fréquents. Ces conditions pourraient conduire à des mortalités massives de poissons plus fréquentes, telles qu'observées chez la carpe en 2001 (Mingelbier et collab., 2001; Ouellet et collab., 2010).

Ces changements toucheront également la sédimentation dans le Saint-Laurent et ses tributaires. D'ailleurs, certaines de ces modifications sont déjà observables, notamment par l'expansion des deltas et autres zones d'accumulation dans le lac Saint-Pierre, attribuable à divers facteurs influençant les niveaux d'eau et les débits (Boyer et collab., 2010b). Ces changements accentuent les effets négatifs de la piètre qualité de l'eau provenant des tributaires en rendant les eaux plus stagnantes près des rives.

Pour la perchaude du lac Saint-Pierre, une plus faible crue printanière devancée de 3 semaines pourrait être dommageable pour la reproduction, en diminuant la quantité d'habitats de fraye disponibles et en exposant les jeunes

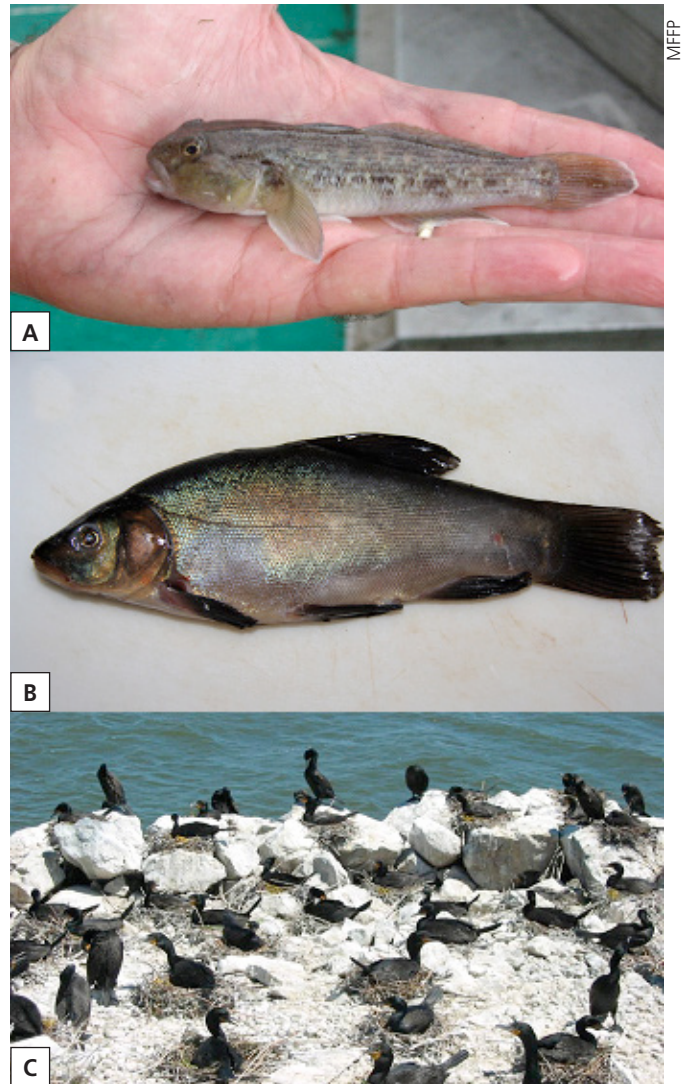


Figure 8. Gobie à taches noires d'environ 10 cm (a), tanche d'environ 25 cm (b) et colonie de cormorans à aigrettes du lac Saint-Pierre (c).

recrues à des températures plus variables, augmentant ainsi la prévalence de conditions environnementales peu propices à la formation de fortes cohortes. Pour réduire les répercussions potentielles de ces changements et permettre à l'écosystème du lac Saint-Pierre de s'y adapter, il faut réduire la pression humaine en rétablissant au sens large les fonctions écologiques des habitats naturels tels que ceux utilisés par la perchaude durant tout son cycle de vie.

Conclusion

La population de perchaudes du lac Saint-Pierre est dans un état très précaire en raison de l'effet combiné de la surpêche et d'une détérioration majeure de ses habitats. Protégée par un moratoire qui élimine la pression de pêche depuis 2012, son rétablissement est ralenti par une combinaison de facteurs qui réduisent notamment la production de

jeunes perchaudes, leur croissance ainsi que leur survie, et dont la contribution relative est encore inconnue. La perte d'habitats de reproduction et d'alevinage sur près de 5 000 ha, principalement en raison de l'agriculture intensive, ainsi que la détérioration des habitats de croissance ont été identifiées comme des facteurs déterminants. À cette détérioration des habitats se sont ajoutées la compétition avec de nouvelles espèces de poissons exotiques ainsi que l'arrivée d'un nouveau prédateur aviaire. L'état précaire de la perchaude, un maillon important des communautés aquatiques du lac Saint-Pierre, doit être interprété comme un indicateur parmi d'autres de la détérioration de cet écosystème exceptionnel. Le rétablissement de la perchaude nécessitera une intensification des initiatives de protection et de restauration de la qualité de l'eau et des habitats permettant la récupération partielle ou totale de la capacité de support historique du milieu. Le succès de cette vaste entreprise reposera, en grande partie, sur notre capacité à diminuer les pressions anthropiques qui pèsent sur cet écosystème en élargissant l'éventail des interventions en cours. Les mesures qui visent la restauration d'habitats, même si elles visent d'abord la perchaude, auront des retombées positives pour de nombreuses espèces végétales et animales dépendant de la zone littorale du lac et des herbiers aquatiques, et elles contribueront à rétablir les fonctions écologiques de l'écosystème.

Si les pêcheurs sont interpellés directement pour le rétablissement de la population de perchaudes dans le lac Saint-Pierre, la restauration des habitats nécessitera l'engagement d'un large éventail d'intervenants. Leur mobilisation aura inévitablement un coût. En contrepartie, elle entraînera des bénéfices importants d'un point de vue socio-économique, aux niveaux local, régional, voire national. C'est en réunissant l'ensemble de l'expertise disponible et en se dotant d'une vision commune et d'orientations cohérentes que des mesures pourront être entreprises de façon efficace et durable pour restaurer les habitats du lac Saint-Pierre et ses populations de poissons, dont la perchaude. Il faudra viser notamment la restauration d'habitats dans la zone littorale, l'amélioration de la connectivité des habitats (entretien, modification et ajout d'ouvrages dans le littoral) et l'amélioration des pratiques agricoles dans le bassin versant.

Il importe de souligner qu'en raison de la multiplicité des facteurs qui peuvent influencer la croissance, la survie et le succès de la reproduction, les chances de rétablissement de la population de perchaudes à des niveaux connus historiquement sont actuellement difficiles à prédire. La population a subi un déclin très substantiel, et elle évolue dans un milieu en changements profonds. C'est en agissant sur les facteurs ayant conduit à l'effondrement de cette population et en rétablissant les fonctions de l'écosystème que nous nous donnerons toutes les chances d'y parvenir.

Remerciements

Nous tenons à souligner la grande contribution de Geneviève Richard, Benoît Jobin, Diane Dauphin et Aline Foubert dans la cartographie de l'utilisation du sol de la zone

littorale du lac Saint-Pierre. Merci à Jean Morin pour son soutien dans la modélisation des habitats de reproduction de la perchaude. Ces données ont été essentielles à l'estimation des potentiels d'habitat de la perchaude. Nos remerciements vont également à Pascale Dombrowski pour ses commentaires au sujet de la prédation par le cormoran à aigrettes ainsi qu'à Marc-André Larose et Louise Corriveau pour leur soutien dans l'établissement du portrait des ponceaux situés dans le littoral du lac Saint-Pierre. Nous remercions aussi Frédéric Lecomte, Pierre Dumont et Michel Crête pour les commentaires constructifs qu'ils ont apportés lors de l'édition de l'article.

Ces travaux ont été financés par le secteur de la Faune (MRNF et MDDEFP) et le Plan d'action Saint-Laurent. ◀

Références

- BERNOÏT, J., R. BERGERON, J.-C. BOURGEOIS, S. DESJARDINS et J. PICARD, 1987. Les habitats et la faune de la région du lac Saint-Pierre: synthèse des connaissances. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionales de Montréal et de Trois-Rivières, ix + 123 p.
- BERTOLO, A., F.G. BLANCHET, P. MAGNAN, P. BRODEUR, M. MINGELBIER et P. LEGENDRE, 2012. Inferring processes from spatial patterns: The role of directional and non-directional forces in shaping fish larvae distribution in a freshwater lake system. *PLoS ONE* 7 (11): e50239. doi:10.1371/journal.pone.0050239
- BOILEY, M., J. THIBODEAU et M. BISSON, 2009. Retinoid metabolism (LRAT, REH) in the liver and plasma retinoids of bullfrog, *Rana catesbeiana*, in relation to agricultural contamination. *Aquatic Toxicology*, 91: 118–125.
- BOISVERT, S. et P. BRODEUR, 2012. Utilisation de la plaine inondable du lac Saint-Pierre par les poissons dans le secteur de Baie-du-Febvre. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise Énergie-Faune-Forêt-Mines-Territoire de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Trois-Rivières, 37 p. + annexes.
- BOYER, C., D. CHAUMONT, I. CHARTIER et A.G. ROY, 2010a. Impact of climate change on the hydrology of Saint-Lawrence tributaries. *Journal of Hydrology*, 384: 65–83.
- BOYER, C., A.G. VERHAAR, P.M. BIRON et J. MORIN, 2010b. Impacts of environmental changes on the hydrology and sedimentary processes at the confluence of Saint-Lawrence tributaries: Potential effects on fluvial ecosystems. *Hydrobiologia*, 647: 163–183.
- BRODEUR, P., 2013. État des stocks et gestion de la perchaude au lac Saint-Pierre et dans le tronçon Bécancour-Batiscan. Atelier sur la faune aquatique, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 19-21 février 2013, Québec, 2 p.
- BRODEUR, P. et R. DUMAS, 2006. Utilisation de trois voies d'accès par les poissons au marais de l'Île du Milieu; recommandations visant la réfection du ponceau de la route 158. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de l'aménagement de la Mauricie et Centre-du-Québec, Direction de l'aménagement de Lanaudière, Trois-Rivières, 16 p.
- BRODEUR, P., M. MINGELBIER et J. MORIN, 2004. Impacts des variations hydrologiques sur les poissons des marais aménagés le long du Saint-Laurent fluvial. *Le Naturaliste canadien*, 128 (2): 66–77.
- BRODEUR, P., M. MINGELBIER et J. MORIN, 2006. Impact de la régularisation du débit des Grands Lacs sur l'habitat de reproduction des poissons dans la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent. *Le Naturaliste Canadien*, 130 (1): 60–68.
- DE LAFONTAINE, Y. et G. COSTAN, 2002. Introduction et transfert d'espèces exotiques aquatiques dans le bassin hydrographique des Grands Lacs et du Saint-Laurent. Dans: CLAUDI, R., P. NANTEL et E. MUCKLE-JEFFS (édit.). *Envahisseurs exotiques des eaux, milieux humides et forêts du Canada*. Ressources naturelles Canada, Ottawa, p. 73–92.

- DESCHAMPS, D., 2013. Protocole d'échantillonnage du Réseau de suivi ichtyologique du fleuve Saint-Laurent : Lac Saint-Pierre 2013. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Québec, 46 p. + 38 annexes.
- DUMONT, P., 1996. Comparaison de la dynamique des populations de perchaudes (*Perca flavescens*) soumises à des niveaux différents de stress anthropique. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, Montréal, et Ministère de l'Environnement et de la Faune, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapport technique 06-46, xxvi + 286 p.
- DUMONT, P. et Y. MAILHOT, 2004. Évaluation par simulation de l'effet d'une baisse du taux de mortalité par la pêche (sportive et commerciale) sur l'abondance, la récolte et la structure de population de la perchaude du lac Saint-Pierre. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de Montréal, de Laval et de la Montérégie et Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Rapport technique 16-19, Longueuil, vi + 21 p.
- DUNCAN, J.M., C.A. MARSCHNER et M.J. GONZÁLES, 2011. Diet partitioning, habitat preferences and behavioral interactions between juvenile yellow perch and round goby in nearshore areas of Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 37 : 101-110.
- FECTEAU, M. et L. POISSANT, 2001. Survol des impacts environnementaux potentiels liés à la production de maïs à des fins énergétiques au Québec. Environnement Canada, Saint-Laurent Vision 2000, Montréal, 78 p.
- FORTIN, R. et E. MAGNIN, 1972. Quelques aspects qualitatifs et quantitatifs de la nourriture des perchaudes, *Perca flavescens* (Mitchill), de la Grande Anse de l'île Perrot, au lac Saint-Louis. *Annales d'Hydrobiologie*, 3 : 79-91.
- GUÉNETTE, S., Y. MAILHOT, I. MCQUINN, P. LAMOUREUX et R. FORTIN, 1994. Paramètres biologiques, exploitation commerciale et modélisation de la population de perchaudes (*Perca flavescens*) du lac Saint-Pierre. Ministère de l'Environnement et de la Faune et Université du Québec à Montréal, Québec, 110 p. + annexes.
- HÉBERT, S. et J. BELLEY, 2005. Le Saint-Laurent – La qualité des eaux du fleuve 1990-2003. Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq n° ENV/2005/0095, collection n° QE/156, Québec, 25 p. et 3 annexes.
- HOUDE, M., D. BERRYMAN, Y. DE LAFONTAINE, et J. VERRAULT, 2014. Novel brominated flame retardants and dechloranes in three fish species from the St. Lawrence River, Canada. *Science of the Total Environment*, 479-480 : 48-56.
- HUDON, C. et R. CARIGNAN, 2008. Cumulative impacts of hydrology and human activities on water quality in the St. Lawrence River (Lake Saint-Pierre, Quebec, Canada). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65 : 1165-1180.
- HUDON, C., A. ARMELLIN, P. GAGNON et A. PATOINE, 2010. Variations in water temperatures and levels in the St. Lawrence River (Québec, Canada) and potential implications for three common fish species. *Hydrobiologia*, 647 : 145-161.
- HUDON, C., A. CATTANEO, A.-M. TOURVILLE POIRIER, P. BRODEUR, P. DUMONT, Y. MAILHOT, J.-P. AMYOT, S.-P. DESPATIE et Y. DE LAFONTAINE, 2012. Oligotrophication from wetland euration alters the riverine trophic network and carrying capacity for fish. *Aquatic Sciences*, 74 : 495-511.
- JEAN, M. et G. LÉTOURNEAU, 2011. Changements dans les milieux humides du fleuve Saint-Laurent de 1970 à 2002. Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec, Rapport technique numéro 511, 302 p.
- LA VIOLETTE, N., 2004. Les lacs fluviaux du Saint-Laurent : hydrologie et modifications humaines. *Le Naturaliste canadien*, 128 (1) : 98-104.
- LECLERC, E., Y. MAILHOT, M. MINGELBIER et L. BERNATCHEZ, 2008. The landscape genetics of yellow perch (*Perca flavescens*) in a large fluvial ecosystem. *Molecular Ecology*, 17 : 1702-1717.
- LECOMTE F., M. MINGELBIER, P. BRODEUR, P. DUMONT, Y. MAILHOT, N. VACHON, G. RICHARD et J. MORIN, 2012. How human alterations and natural variations explain opposite responses in yellow perch stocks along the St. Lawrence River? Affiche présentée à la 55^e rencontre annuelle de l'International Association for Great Lakes Research, Cornwall, 13-17 mai 2012.
- MAGNAN, P., 2002. Avis scientifique sur l'état du stock de perchaudes au lac Saint-Pierre, les indicateurs biologiques utilisés pour effectuer son suivi et la pertinence de protéger la période de fraie de façon partielle ou totale. Chaire de recherche en écologie des eaux douces, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, 52 p.
- MAGNAN, P., Y. MAILHOT et P. DUMONT, 2008. État du stock de perchaude du lac Saint-Pierre en 2007 et efficacité du plan de gestion de 2005. Comité aviseur scientifique sur la gestion de la perchaude du lac Saint-Pierre, Université du Québec à Trois-Rivières et Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, iv + 28 p. + annexes.
- MAGNAN, P., P. BRODEUR, N. VACHON, Y. MAILHOT, P. DUMONT et Y. PARADIS, sous presse. État du stock de perchaude du lac Saint-Pierre en 2011 et bilan du plan de gestion de 2008. Comité aviseur scientifique sur la gestion de la perchaude du lac Saint-Pierre, Université du Québec à Trois-Rivières et ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.
- MAILHOT, Y., F. AXELSEN, P. DUMONT, H. FOURNIER, P. LAMOUREUX, C. POMERLEAU et B. PORTELANCE, 1987. Avis scientifique sur le statut de la population de la perchaude au lac Saint-Pierre. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Plan de gestion de la pêche. Comité scientifique conjoint. Avis scientifique 87/3, Québec, 26 p.
- MASSON, S., Y. DE LAFONTAINE, A.-M. PELLETIER, G. VERREAULT, P. BRODEUR, N. VACHON et H. MASSÉ, 2013. Dispersion récente de la tanche au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 137 (2) : 55-61.
- MINGELBIER, M., G. TRENCA, R. DUMAS, B. DUMAS, Y. MAILHOT, C. BOUCHARD, D.C. MANOLESCO, P. BRODEUR, C. HUDON et G. OUELLETTE, 2001. Avis scientifique concernant la mortalité massive des carpes dans le Saint-Laurent durant l'été 2001. Société de la faune et des parcs du Québec, Ministère de l'Environnement, Biodôme de Montréal, Environnement Canada, 22 p.
- MINGELBIER, M., P. BRODEUR et J. MORIN, 2004. Impacts de la régularisation du débit des Grands Lacs et des changements climatiques sur l'habitat des poissons du fleuve Saint-Laurent. *Vecteur Environnement*, 37 (6) : 34-43.
- MINGELBIER M., P. BRODEUR et J. MORIN, 2005. Recommandations concernant les poissons et leurs habitats dans le Saint-Laurent fluvial et évaluation des critères de régularisation du système lac Ontario – Saint-Laurent. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, Québec, 141 p.
- MINGELBIER, M., P. BRODEUR et J. MORIN, 2008. Spatially explicit model predicting the spawning habitat and early stage mortality of northern pike (*Esox lucius*) in a large system: The St. Lawrence River between 1960 and 2000. *Hydrobiologia*, 601 : 55-69.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2012. Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-63649-6 (PDF), Québec, 97 p.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF), 2013. Bilan des essais de contrôle par abattage du cormoran à aigrettes réalisés au lac Saint-Pierre en 2012. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction générale de la Mauricie et du Centre-du-Québec, Trois-Rivières, 4 p.
- Morin, J. et J.-P. Côté, 2003. Modifications anthropiques sur 150 ans au lac Saint-Pierre : une fenêtre sur les transformations de l'écosystème du Saint-Laurent. *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, 4 (3). doi : 10.4000/vertigo.3867
- MORNEAU, J., 2000. Petits pays et grands ensembles; les articulations du monde rural au XIX^e siècle; L'exemple du lac Saint-Pierre. Presses de l'Université Laval, Québec, 416 p.
- MORTSCH, L., H. HENGEVELD, M. LISTER, L. WENGER, B. LOFGREN, F. QUINN et M. SLIVITZKY, 2000. Climate change impacts on the hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence system. *Canadian Water Resources Journal*, 25 : 153-179.

OUELLET, V., M. MINGELBIER, A. SAINT-HILAIRE et J. MORIN, 2010. Frequency analysis as a tool for assessing adverse conditions during a massive fish kill in the St. Lawrence River, Canada. *Water Quality Research Journal of Canada*, 45: 47-57.

PARADIS, Y., A. BERTOLO, M. MINGELBIER, P. BRODEUR et P. MAGNAN, 2014. What controls distribution of larval and juvenile yellow perch? The role of habitat characteristics and spatial processes in a large, shallow lake. *Journal of Great Lakes Research*, 40: 172-178.

PATOINE, M. et F. D'AUTEUIL-POTVIN, 2013. Tendances de la qualité de l'eau de 1999 à 2008 dans dix bassins versants agricoles au Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68544-9 (PDF), Québec, 22 p. + 7 annexes.

REYJOL, Y., P. BRODEUR, Y. MAILHOT, M. MINGELBIER et P. DUMONT, 2010. Do native predators feed on non-native prey? The case of round goby in a fluvial piscivorous fish assemblage. *Journal of Great Lakes Research*, 36: 618-624.

RICHARD, G., D. CÔTÉ, M. MINGELBIER, B. JOBIN, J. MORIN et P. BRODEUR, 2011. Utilisation du sol dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent) durant les périodes 1950, 1964 et 1997 : interprétation de photos aériennes, numérisation et préparation d'une base de données géoréférencées, Rapport technique préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune et Environnement Canada, Québec, 46 p.

THÉBERGE, M., 2008. Variation de la croissance, de l'alimentation et de la composition spécifique des jeunes perchaudes de l'année (*Perca flavescens*) dans un lac fluvial, fleuve Saint-Laurent (Québec, Canada). Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, 89 p.

THIBAUT, A., 2008. Comité consultatif conjoint pour la gestion des stocks de poissons du lac Saint-Pierre (CCCGP) : bilan et recommandations. Comité consultatif conjoint pour la gestion des stocks de poissons du lac Saint-Pierre, Trois-Rivières, 45 p.

Évadez-vous plus souvent...

Un des avantages qu'offre la carte Nature Visa Or *Odyssee*^{MD} Desjardins est le programme de récompenses qui vous permet de voyager sans restriction, d'acheter des billets de spectacle¹, de vous procurer des produits et services financiers Desjardins ou de profiter des primes cadeaux (Kayaks, GPS, etc.)!

En adhérant à la carte Nature Visa Or *Odyssee*^{MD} Desjardins, vous contribuez à la conservation de la faune du Québec. Depuis 1989, des milliers de détenteurs ont permis de recueillir **plus de 2,5 millions** de dollars pour la faune.



**Aidez la faune en vous faisant plaisir !
Demandez votre carte dès maintenant² !
Contactez-nous au 1 877 639-0742 ou
ffq@fondationdelafaune.qc.ca**



Fondation de la faune du Québec



Desjardins

Coopérer pour créer l'avenir

* Visa Int./Fédération des caisses Desjardins du Québec. Usager autorisé. ^{MD}BONIDOLLARS et *Odyssee* sont des marques déposées de la Fédération des caisses Desjardins du Québec.
¹ Les billets doivent être mis en vente par l'entremise des Réseaux Admission, Ticketpro, Billetech et de leurs réseaux affiliés. ² Sujet à l'approbation de Services de cartes Desjardins.

Sélection Laminard inc.

Diane Lemay et Pierre Savard, prop.

- Encadrement
- Laminage
- Matériel d'artiste
- Cours de peinture
- Galerie d'art

254, rue Racine
Loretteville (Québec)
G2B 1E6

Tél. : (418) 843-6308

Fax. : (418) 843-8191

Courriel : selection.laminard@videotron.ca
www.selectionart.com



Comptables agréés | Société en nom collectif

5300, boul. des Galeries, bur. 200, Québec QC G2K 2A2

Tél.: 418 622-4804 | Téléc.: 418 622-2681